

**PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA DE LAS
CONSTRUCCIONES EN PROYECTOS VIALES**

(Autor)

OSCAR AVEDULIO RONCANCIO MALAVER

**UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
TUNJA
2018**

**PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA DE LAS
CONSTRUCCIONES EN PROYECTOS VIALES**

OSCAR AVEDULIO RONCANCIO MALAVER

Tesis Práctica con Proyección Empresarial o Social

Director: Ing. CAMILO ANDRES CUERVO GALINDO
Ingeniería Civil
cuervocamilo@hotmail.com

**UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
TUNJA
2018**

DEDICATORIA

A:

Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón y darme sabiduría, inteligencia y entendimiento, además, por poner en mi camino aquellas personas que han sido soporte y compañía durante todo el periodo académico.

Mi mamá.

Julia Malaver Lemus, porque desde el principio me apoyo con sus consejos sabios, con su apoyo en los momentos de adversidad para que no desfallecerá y así lograr un peldaño más en mi proyecto de vida.

Mi papá.

Avedulio Roncancio Rivera, porque fue un pilar fundamental en mi vida, me apoyo en siempre que lo necesite, me enseñó a soñar, a tener grandes metas en mi vida, a como se deben afrontar los retos y sobre todo el sacrificio de luchar por lo que se quiere.

A mis hermano.

Nidia, Wilfredo y Yeffer, porque han sido un apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, que con sus regaños siempre buscaron lo mejor para mi aprendizaje, por su forma de ser lo cual me sirvió de ejemplo para formar mi carácter y sus lecciones que los convirtió como mis segundos padres.

A mis docentes.

Ing. Camilo Cuervo, porque con su ejemplo de excelencia y compromiso me enseñó el legado de ir más allá de lo que nos piden, como dice él “correr la milla extra”; y así, asegurarme como una persona y un profesional ético con principios que harán que mi vida laboral y personal se desarrolle con objetivos específicos en una sociedad que requiere profesionales con excelencia e integridad.

A mis amigos.

Alexandra mi novia, porque junto a ella pase momentos inolvidables, de aprendizaje y de esfuerzo buscando siempre ser los mejores profesionales, aunque no dejaron de existir las peleas a lo largo de la carrera siempre estuvimos para acompañarnos y ayudar al otro y en esta etapa final estuvo ahí cuando lo necesite.

Nota de Aceptación

Director trabajo de grado

Jurado

Jurado

Tunja (2018).

CONTENIDO

	pág.
1. INTRODUCCIÓN	13
2. JUSTIFICACIÓN	14
3. OBJETIVOS.....	15
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	15
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
4. GENERALIDADES.....	16
4.1 PROBLEMA.....	16
4.2 PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES VS CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES..	17
4.3 PRODUCTIVIDAD	18
4.4 CACATERISTICAS DE LA INDUSTRIA QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD.....	18
4.5 PRODUCTIVIDAD EN PROYECTOS VIALES.....	21
4.5.1 Filosofía Lean.....	22
4.5.1.1 Pérdidas	23
4.5.2 El trabajo	26
4.5.3 La mano de obra	28
4.5.3.1 El ambiente laboral	28
4.5.3.2 La composición.....	30
4.5.4 La eficiencia en el trabajo.....	31
4.6 OBRA	32
4.6.1 Ficha del proyecto	33
4.6.2 Localización	33
4.7 RESTRICCIONES	34
5. PLANEACIÓN DE METODOLOGÍA DE MEDICIÓN	36
5.1 IDENTIFICACION DE ACTIVIDADES	36
5.2 IDENTIFICACIÓN DE CUADRILLAS.....	37
5.3 DETERMINACION DEL FLUJO DE TRABAJO	37
5.4 DEFINIR FORMATO DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	38

5.5	RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	38
5.6	PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	39
5.7	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	40
5.8	CREACIÓN DE PROPUESTA	40
6.	TRABAJO DE RECONOCIMIENTO	41
6.1	IDENTIFICACIÓN DE ACTIVIDADES	41
6.1.1	Selección de actividades más representativas	41
6.1.2	Actividades secundarias dentro de los procesos	42
6.2	IDENTIFICACIÓN DE CUADRILLAS DE TRABAJO.....	43
6.2.1	Primera cuadrilla	43
6.2.2	Segunda cuadrilla.....	44
6.2.3	Tercera cuadrilla	45
6.3	DETERMINACIÓN DEL FLUJO DE TRABAJO	46
6.3.1	Fundición de concretos	47
6.3.2	Amarre de acero	47
6.3.3	Excavación mecánica.....	48
6.3.4	Excavación manual	49
6.3.5	Compactación de material seleccionado (Recebo).....	50
6.4	DEFINICIÓN DE FORMATO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN...	51
7.	SEGUIMIENTO Y SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN	53
7.1	AMBIENTE LABORAL EN LAS CUADRILLAS DE TRABAJO	53
7.2	ROTACIÓN DEL PERSONAL.....	54
7.3	RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	55
8.	PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	58
8.1	RECONOCIMIENTO DE PÉRDIDAS EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO	58
8.1.1	Análisis general del trabajo	59
8.1.2	Análisis por cuadrillas.....	60
8.1.3	Distribución del trabajo no contributivo (perdidas)	64
8.1.4	El ambiente laboral como factor generador de pérdidas.....	65
8.2	DETERMINAR LA EFICIENCIA EN EL TRABAJO	66
8.3	DIAGNÓSTICO DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS	70

8.3.1	Alcantarilla Sencilla	71
8.3.2	2° Alcantarilla sencilla	77
8.3.3	3° Alcantarilla Sencilla	80
8.3.4	Muro de contención	81
8.3.5	Box Culvert y Alcantarilla doble	83
8.3.6	Procesos Finales Reales	85
8.3.6.1	Concretos	85
8.3.6.2	Aceros	86
8.3.6.3	Excavación	87
8.3.6.4	Compactación	88
8.4	IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES FUENTES DE PÉRDIDAS	89
8.4.1	Esperas	90
8.4.2	Traslados	92
8.4.3	Correcciones por Defectos	93
8.4.4	Ocio:	94
8.5	MEDICIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD	95
8.5.1	Concreto tipo D	96
8.5.2	Ubicación con emboquillado de tubos	98
8.5.3	Suministro e instalación de acero de refuerzo	99
8.5.4	Relleno con material seleccionado compactado mecánicamente tipo recebo	101
9.	ANÁLISIS	103
9.1	COPARACIÓN ENTRE CUADRILLAS	103
9.1.1	Desempeño según clasificación del trabajo	106
9.1.1.1	Primera cuadrilla	107
9.1.1.2	Segunda cuadrilla	108
9.1.1.3	Tercera cuadrilla	109
9.1.1.4	Cuadrilla final	109
9.2	CONCRETO PRE-MEZCALDO VS MEZCLADO EN OBRA	110
9.3	RENDIMIENTOS EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE INTEGRANTES DE LA CUADRILLA	112
9.4	INFLUENCIA DEL NÚMERO DE PERSONAS EN EL TRABAJO PRODUCTIVO, CONTRIBUTIVO Y NO CONTRIBUTIVO	113

9.5	PRODUCTIVIDAD EN LA MANO DE OBRA	114
9.5.1	Porcentaje de Asignaciones Completadas	116
10.	PROPUESTAS DE SEGUIMIENTO	118
11.	CONCLUSIONES	119
12.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	121
13.	ANEXOS.....	124
13.1	ANEXO A. REGISTRO DE ACTIVIDADES MANO DE OBRA.	124
13.2	ANEXO B. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	124
13.3	ANEXO C. RESULTADOS.	124
13.4	ANEXO D. SOPORTE FOTOGRAFICO.....	124

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Nomenclatura de clasificación de trabajo.	42
Tabla 2. Seguimiento de actividades del día 10 de octubre del 2017.	55
Tabla 3. Carta de proceso del día 17 de noviembre.	59
Tabla 4. Proceso de desencofrado alcantarilla sencillas 6 de octubre.	71
Tabla 5. Proceso de amarre de acero 1° alcantarilla.	71
Tabla 6. Proceso de excavación y compactación 1° alcantarilla.	73
Tabla 7. Proceso de concreto 1° alcantarilla para placa-base.	73
Tabla 8. Proceso de desencofrado 1° alcantarilla sencillas.	74
Tabla 9. Proceso de concretos 1° alcantarilla sencillas	76
Tabla 10. Proceso de compactación 2° alcantarilla sencillas.	77
Tabla 11. Flujo de proceso para fundición de concretos 2° alcantarilla sencilla....	79
Tabla 12. Rendimientos en base de los APU de la gobernación de Boyacá 2017.	96
Tabla 13. Rendimientos diarios en el proceso de concretos.	96
Tabla 14. Rendimientos diarios en el proceso de ubicación de tubos.	99
Tabla 15. Rendimientos diarios en el proceso de amarre de acero.	99
Tabla 16. Rendimientos diarios en el proceso de compactación.	101
Tabla 17. Rendimientos de actividades encontradas en otros estudios.	115
Tabla 18. Comparativo de rendimientos en obra y según otros autores.	116
Tabla 19. Clasificación del trabajo por cuadrillas.	104

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Cruces viales intervenidos.	32
Figura 2. Localización en planta del proyecto.	34
Figura 3. Diagrama de flujo para fundición de concretos.....	47
Figura 4. Diagrama de flujo de figurado de acero.....	48
Figura 5. Diagrama de flujo de excavación mecánica.	49
Figura 6. Diagrama de flujo de excavación manual.....	50
Figura 7. Diagrama de flujo compactación de material seleccionado.	51
Figura 8. Formato de registro de actividades.	52
Figura 9. Distribución porcentual del trabajo promedio de seguimiento.....	60
Figura 10. Distribución porcentual del trabajo promedio de la 1° cuadrilla.	61
Figura 11. Distribución porcentual del trabajo promedio de la 2° cuadrilla.	62
Figura 12. Distribución porcentual del trabajo promedio de la 3° cuadrilla.	63
Figura 13. Distribución porcentual del trabajo promedio de la cuadrilla final.	64
Figura 14. Distribución del trabajo no contributivo del estudio.....	65
Figura 15. Fotografía en obra de Ubicación de tubería en concreto.....	68
Figura 16. Fotografía en obra de pérdidas directas.....	69
Figura 17. Soporte fotográfico del proceso de amarrar acero 1° alcantarilla sencilla placa.....	72
Figura 18. Soporte fotográfico del proceso de amarrar acero 1° alcantarilla sencilla muros.	74

Figura 19. Soporte fotográfico del proceso encofrado 1° alcantarilla sencilla armado en situ.	75
Figura 20. Soporte fotográfico de actividad de fundición 1° alcantarilla sencilla armado en situ.	76
Figura 21. Soporte fotográfico de fundición placa-base 2° alcantarilla sencilla. ...	78
Figura 22. Soporte fotográfico de fundición de concretos para atraque 2° alcantarilla sencilla.	79
Figura 23. Soporte fotográfico de desbaste de tubería de concreto.	80
Figura 24. Soporte fotográfico de fundición de concreto 3° alcantarilla sencilla. ..	81
Figura 25. Soporte fotográfico de excavación manual para muro de contención..	82
Figura 26. Soporte fotográfico de amarre de acero en muro de contención.	83
Figura 27. Soporte fotográfico de demolición en box y alcantarilla.	84
Figura 28. Soporte fotográfico de uso de sikadur en box y alcantarilla.	85
Figura 29. Esquema diagrama de flujo real del proceso de concreto.	86
Figura 30. Esquema diagrama de flujo real del proceso de amarre de acero.	87
Figura 31. Esquema diagrama de flujo real del proceso de amarre de acero.	88
Figura 32. Esquema diagrama de flujo real del proceso de compactación.	89
Figura 33. Soporte fotográfico forma de almacenar material.	90
Figura 34. Soporte fotográfico conformación de cuadrillas.	91
Figura 35. Soporte fotográfico de la extensión de la obra.	92
Figura 36. Soporte fotográfico de re trabajos en la obra.	93
Figura 37. Soporte fotográfico de ocio en la obra.	95

Figura 38. Diagrama de barras entre rendimiento real y el esperado diario para el proceso de concretos.	98
Figura 39. Diagrama de barras entre rendimiento real y el esperado diario para amarre de acero.	101
Figura 40. Diagrama de barras entre rendimiento real y el esperado diario para compactación.	102
Figura 41. Clasificación del trabajo en estudios anteriores.....	106
Figura 42. Clasificación del trabajo 1° cuadrilla.....	107
Figura 43. Clasificación del trabajo 2° cuadrilla.....	108
Figura 44. Clasificación del trabajo 3° cuadrilla.....	109
Figura 45. Clasificación del trabajo cuadrilla final.....	110

1. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se pretende realizar un seguimiento de la mano de obra presente en la construcción de dos ramales, en el cual se medirá la productividad de la obra teniendo en cuenta la filosofía Lean y sus principios, esto permitirá reconocer que factores influyen de manera positiva y negativa en el rendimiento de las labores y como se encuentra la mano de obra boyacense con respecto a su desempeño en la construcción. Como es mencionado por BOTERO¹ la productividad en el sector de la construcción no se ha visto beneficiada con el transcurso del tiempo como si ha ocurrido en otras industrias que se ha aumentado la productividad con la ayuda de nuevas filosofías de trabajo como la ya mencionada.

El interés que se tiene en la investigación es reconocer como se encuentra la productividad de la mano de obra en la construcción boyacense, ya que esta industria es muy importante en el desarrollo del país y necesita ser competitiva, la introducción de nuevas filosofías como Lean en la industria ha permitido cambiar la manera de pensar del sector, buscando siempre el mayor desempeño bajando los costos y aumentando la rentabilidad haciendo una mejor gestión de los recursos empleados. Por esto se realizan observaciones en el desarrollo del trabajo, identificando como se realizan las labores y como se usan los recursos, en especial el tiempo, mediante el cual se reconocerán los rendimientos de la mano de obra y si son los esperados teniendo en cuenta los análisis de precios unitarios de la gobernación.

Todo esto con la finalidad de obtener una guía de rendimiento de la industria constructora e interpretar como la filosofía Lean beneficia la construcción en obra, mejora la productividad haciéndola más competitiva en el mundo moderno y cambiando la perspectiva de desarrollo con implementación de nuevos conocimientos.

¹ BOTERO, Luis. Productividad y Construcción: Medición de la Productividad en la Construcción. Medellín, Colombia: Fondo Editorial Universidad EAFIT, 2011. p.184.

2. JUSTIFICACIÓN

La industria de la construcción en Colombia tiene una alta demanda y participación en el sector de la economía del país; ésta se ha caracterizado por desarrollar el modelo tradicional de construcción, el cual se enfoca en la transformación de las entradas (materiales y mano de obra) al producto final, sin tener en cuenta que dentro de los procesos existen actividades que no generan valor al producto. Actualmente se busca disminuir los tiempos de producción teniendo en cuenta la experiencia de los trabajadores o las nuevas herramientas que aumenten la agilidad, lo cual no permite un avance significativo en este importante mercado y, por lo tanto, el sector de la construcción en el país no es competitivo a nivel mundial.

Por otro lado, países como Chile, México y Perú han adoptado una filosofía denominada “Lean construction”, la cual consiste en disminuir los desperdicios, obteniendo así una mayor productividad y por ende aumentando la rentabilidad en los proyectos; Sin embargo, a pesar de que se estén implementando nuevas metodologías que aumenten la efectividad, en Colombia y específicamente en Boyacá, aun no es posible observar estos cambios debido a la ausencia de mediciones en los procesos constructivos, impidiendo el reconocimiento de los problemas que generan demoras en el trabajo de la construcción, además, de la consciencia de que estas medidas son costosas e innecesarias.

Es por esto que es necesario introducir nuevos conocimientos que permitan renovar el concepto de la industria de la construcción y se pase de un modelo tradicional a uno más competitivo que permita tener un panorama más integral de la situación para controlar no solo el producto final, sino cada una de las etapas para llevar a cabo el mismo. Lo anterior, implica mejoras, evitando bajas rentabilidades al final de los proyectos, permitiendo que la productividad sea la deseada durante su desarrollo y finalmente proporcionar el producto deseado sin incurrir en actividades innecesarias y costosas.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar la medición de productividad en la mano de obra del proyecto CONSTRUCCION DE UN RETORNO (2 RAMALES) Y UN PUENTE PEATONAL EN LA VARIANTE TUNJA POR INTERSECCION DEL BARRIO PATRIOTAS”

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar que actividades ejecutadas dentro del proyecto son susceptibles de ser medidas en función de la productividad y así establecer su respectivo proceso constructivo mediante cartas de proceso, balances de cuadrilla y procesamiento de la información.
- Reconocer los flujos de trabajo dentro de los procesos constructivos previamente identificados con el fin de facilitar la medición de productividad.
- Establecer y documentar una metodología que permita medir la productividad y eficiencia de la mano de obra.
- Diagnosticar los procesos de construcción a fin de determinar la productividad y la eficiencia del trabajo.
- Generar y evaluar alternativas para determinar cursos de acción en el proceso constructivo.
- Desarrollar una propuesta de seguimiento para los procesos constructivos que permita aumentar la productividad y rentabilidad del proyecto.

4. GENERALIDADES

4.1 PROBLEMA

El sector de la ingeniería se caracteriza por ser una actividad que no avanza, la experiencia ha demostrado que las actividades que no agregan valor predominan en el sistema de producción en proporciones que varían entre el 80% y 93% (Ciampa, 1991) y su participación en el tiempo de ciclo productivo alcanza algunas veces el 95% (Stalk & Hout, 1990)², esta particularidad hace que la construcción sea una actividad reactiva, que no se enfoca a controlar las fases constructivas sino a solucionar problemas puntuales del trabajo diario, llevando a las empresas del sector a poner especial atención en los tiempos y costos en que incurren para realizar los productos.

De igual forma, la construcción se caracteriza por ser un proceso artesanal que depende generalmente de la mano de obra para su ejecución, generando muchos problemas al momento de poder gestionar el recurso humano, por lo que la organización de los procesos, y el desarrollo de las actividades se pueden ver afectados por la falta de orden; también permiten la aparición de dificultades al medir y controlar la productividad de los equipos de trabajo involucrados.

Las actividades de construcción son desarrolladas e implementadas gracias a los conocimientos generados por la experiencia; esto se debe a que ejecutar actividades repetitivas resulta más eficiente que ejecutarla una sola vez. Es por esto que este tipo de aprendizaje es importante para la mejora continua del desarrollo de las obras, y se vuelve imprescindible para el sector de la construcción Boyacense comenzar a medir la productividad de la mano de obra de los procesos constructivos y, además, documentarlos, sentando la base para realizar propuestas de mejora en el contexto general de los proyectos constructivos. Para esto es fundamental traer los procesos de los sistemas industrializados al sector de la construcción como lo propone Lauri Koskela en su filosofía Lean Construction, la cual se enfoca en la disminución de tiempos en actividades que no agregan valor al producto.

Estos nuevos modelos de control y mejoramiento de la productividad ya se han implementado en países latinoamericanos como Chile, Perú y México, dando buenos resultados en cuanto a las mejoras encontradas, enfocándose principalmente en la disminución de desperdicios o mudas como esperas de material, recorridos innecesarios de los maestros, productos con baja calidad, poca

² Ciampa, 1991 y Stalk & Hout, 1990, Citado por BOTERO, Luis. Productividad y Construcción: Medición de la Productividad en la Construcción. Medellín, Colombia: Fondo Editorial Universidad EAFIT, 2011. P.196.

capacitación de la mano de obra, espera por procesos anteriores en el flujo y rotación del personal.

4.2 PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES VS CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES

A pesar de que existen diversos tipos de proyectos de construcción a nivel general, de acuerdo con SERPEL³ es posible clasificarlos en 4 grandes grupos que son los siguientes: construcción de edificaciones, que por lo general son obras con fines habitacionales, educativos y comerciales, construcción de obras civiles que abarcan la creación de hidroeléctricas, túneles, puertos y puentes, construcción de obras viales y finalmente construcción de proyectos industriales como lo son refinerías de petróleo y plantas químicas. Sin embargo, de los proyectos de construcción mencionados, aquellos que serán tenidos en cuenta por la importancia en la construcción en el departamento debido a su continuo desarrollo son los enfocados a la construcción de edificaciones y construcción de obras viales para establecer unas pequeñas características en común de estos tipos de proyectos y así dar a conocer el sector de la construcción.

En primer lugar es necesario reconocer que la construcción vial posee algunas diferencias con la construcción vertical, para lo cual es importante identificar las principales características de la construcción vial para su posterior comparación; dentro de las principales características que son posible encontrar en la construcción de obras viales están las siguientes:

1. Áreas de construcción muy extensas.
2. Gran uso de maquinaria pesada en la ejecución del proyecto.
3. Uso de mano de obra para algunas obras complementarias.
4. Tiempos de entrega limitados.
5. Recursos económicos para su realización de carácter público.
6. Altos capitales de inversión.
7. Los diseñadores no son los mismos constructores.

Una vez establecidas las respectivas características de dicho sector, es posible identificar que a pesar de que la construcción de edificaciones y la construcción de obras viales difieren en el tamaño de sus áreas de construcción, el uso necesario de maquinaria pesada, los tiempos de entrega rigurosos, y la procedencia de los recursos para su realización es posible observar una característica en común, esta es el uso de mano de obra para labores específicas, en especial lo relacionado con fundiciones de concretos y estructuras construidas en este material.

³ SERPELL, Alfredo. Administración de Operaciones de Construcción. 2 ed. Santiago de Chile: Alfa omega, 2002. p 17-18. ISBN 958-68-2451-9.

4.3 PRODUCTIVIDAD

Dado que el proyecto pretende estudiar la productividad, es necesario definir que se considera como productividad y que tipo es la que se va a medir, muchos autores tienen su propia definición del termino el cual se ha visto modificada dependiendo el autor, pero a lo que todos llegan a estar claro es que productividad es la medida con la cual se mide el rendimiento del trabajo teniendo en cuenta que se produce y cuanto recurso se emplea para llegar a dicho producto.

Como ya es bien sabido en este estudio los recursos necesarios para producir un elemento no solo implica el material, también existen otros recursos importantes a tener en cuenta como la mano de obra necesaria para su elaboración o el tiempo de uso de maquinaria pesada que realice la fabricación. Es por esto que Serpell⁴ en su libro Administración de Operaciones de Construcción define tres tipos de productividad teniendo en cuenta sus recursos, estos serán explicados a continuación:

1. Productividad de los Materiales: esta medida es basada en el material que se utiliza para la producción teniendo en cuenta el buen uso de los recursos manteniendo la calidad y minimizando sus costos.
2. Productividad de la Maquinaria: este factor de la productividad es muy importante en obras viales debido a su gran aplicación, el uso de este recurso es uno de los más costos dentro de la construcción por lo que es muy importante tener control de este aspecto.
3. Productividad de la mano de obra: este componente de la productividad es uno de los más representativos dentro de la construcción, debido a su gran presencia en las obras, este es bastante importante debido a que este fija el ritmo del trabajo y el uso de los recursos.

4.4 CARACTERÍSTICAS DE LA INDUSTRIA QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD

Después de lo mencionado en los capítulos anteriores se profundizará más en que características presentes en la construcción de obras que afectan la productividad

⁴ SERPELL, Alfredo. Administración de Operaciones de Construcción. 2 ed. Santiago de Chile: Alfaomega, 2002. p 32. ISBN 958-68-2451-9.

del sector, para esto se tendrá en cuenta la postura de SERPELL⁵ donde se encuentran 10 características que podrían explicar los problemas que se desarrolló en obra:

1. Curva de aprendizaje limitada: la duración limitada de los proyectos, el cambio de personal, la creación y disolución de empresas ejecutoras no permiten el continuo desarrollo de las actividades, interfiriendo con el aprendizaje.
2. Sensibilidad al clima: al ser actividades ejecutadas en su mayoría en la intemperie, la afectación por los cambios climáticos y el entorno natural se encuentra presente en la industria de la construcción por lluvias y fuertes olas de calor, por ejemplo.
3. Presión de trabajo: conociendo el corto tiempo del cual cuenta los proyectos de construcción, la presión por el cumplimiento y entregas a tiempo limita el desarrollo de una mayor planeación dejando abierta la posibilidad de cometer errores y encontrar problemas.
4. Incentivos negativos: los intereses particulares entre los integrantes del proyecto como el mayor lucro por parte del mandante no generan incentivos sobre empresas con mejor calidad dentro de la industria y el poco conocimiento de los productos deseados permiten el acceso de nuevas empresas con menor experiencia y productos inferiores.
5. Capacitación y reciclaje: las falencias en programas de capacitación por parte de la industria por los cortos periodos de desarrollo han provocado la transmisión del conocimiento por medio de transferencias de oficios en campo dentro de un estilo artesanal.
6. Relaciones antagónicas: al contar con diferentes agentes que intervienen en el proceso constructivo con diferentes intereses, por ejemplo mientras el mandante busca una mejor calidad del producto teniendo enfatizando en el costo-tiempo, el contratista está buscando siempre el mayor lucro y en varias ocasiones se ve afectado la calidad de la mano de obra generando las relaciones antagónicas entre los agentes.
7. Planificación deficiente: debido a la presión que se maneja por los tiempos limitados en el sector y la dinámica del trabajo muchas veces la poca planeación antes del proyecto provoca la realizaciones de actividades reactivas, solventando las necesidades e inconvenientes en el momentos

⁵ SERPELL, Alfredo. Administración de Operaciones de Construcción. Santiago de Chile: Alfaomega, 2002. p. 14-15-16. ISBN 958-68-2451-9.

que salen a la vista sin tener un plan de contingencia o una programación más adecuada.

8. Base en la experiencia: el sector de la construcción es caracterizada por el gran valor que se tiene al personal con mucha experiencia en el desarrollo de actividades, en cualquiera de las ramas siempre la mayor experiencia es sobre valorado dejando relegado el nuevo conocimiento generado por los jóvenes profesionales, esto restringe la posibilidad al cambio en la industria.
9. Investigación y desarrollo: como se mencionaba en la anterior característica el sector de la construcción es uno de los que se oponen fuertemente al cambio por la incertidumbre existente a las nuevas tecnologías o conocimientos, es por esto que ni siquiera existe el esfuerzo por el desarrollo de investigación, a pesar de estos existen pocas regiones donde se ha buscado innovar.
10. Aspecto mental: la actitud mental es poco favorable teniendo en cuenta los siguientes aspectos: falta de cuestionamiento, considerar lo tradicional eficiente, la falta de desafío para mejorar y descuido de la falta de apoyo en trabajo productivo, por esto el sector no promueve al cambio y evita que se produzcan las mejoras necesarias promoviendo a cometer los mismos errores del pasado y dando las mismas soluciones.

A pesar de esto la industria de la construcción contiene el personal dispuesto a mejor y con los desafíos que se presentan en la actualidad, para esto es necesario conocer por que es necesario el cambio, es así como según SERPELL⁶ se verán los siguientes desafíos:

- La presencia de mercados más competitivos, participación activa y mayor crecimiento provenientes de la internacionalización.
- Proyectos más complejos, necesitando nuevas tecnologías.
- Exigencia de plazos más cortos
- Requerimientos de tecnología y calidad por parte del mandante.
- Búsqueda de menores costos en los proyectos

Además de las características ya mencionadas, es bueno reconocer quienes conforman o intervienen en la ejecución de proyectos de construcción dado que como se mencionaba anteriormente los intereses personales no permiten el buen

⁶ SERPELL, Alfredo. Administración de Operaciones de Construcción. Santiago de Chile: Alfaomega, 2002. p.16 - 17. ISBN 958-68-2451-9.

desarrollo de la comunicación. De acuerdo con SERPELL⁷ se definen los siguientes involucrados:

- El cliente o mandante: es el dueño del proyecto y el principal patrocinador, normalmente el interés de éste se encuentra en obtener la mayor calidad con el menor costo.
- El usuario: por lo general y en proyectos grandes el usuario no es el mismo cliente pero este va a ser el que use la estructura a lo largo del tiempo por lo que su mayor importancia es la calidad.
- Los proyectistas: son todo aquel profesional diseñador encargado de proyectar y definir las características del proyecto, por lo general su interés radica en lograr los objetivos de diseños buscando siempre el menor costo teniendo en cuenta el material.
- Los contratistas y sub contratistas: este es todo personal necesario e involucrado para la construcción del proyectos el interés aquí radica en obtener la mayor ganancia por lo que buscan la reducción de costos en base a la mano de obra.
- Las autoridades y agencias públicas y privadas: son todo aquel participante que aprueba o autoriza el desarrollo del proyecto por lo general están interesados en que el proyecto no los afecte y al contrario los beneficie.
- Los proveedores: son toda empresa o persona natural que puede facilitar el material o equipamiento necesario, su único interés radica en verse lucrado por el desarrollo de la actividad.

Los anteriores involucrados son mencionados con el fin de demostrar cómo cada uno de ellos tiene sus propios intereses y la presencia de esto además de la presión por los tiempos limitados en los proyectos generan relaciones antagónicas que generan demoras e interfieren en el buen funcionamiento de la obra.

4.5 PRODUCTIVIDAD EN PROYECTOS VIALES

Teniendo claro que lo que se busca en el estudio es la medición de la productividad de la mano de obra, como primera cosa debemos reconocer el conocimiento de los procesos de construcción, según Botero⁸ los procesos de construcción eran reconocidos como convenciones únicamente, lo que significaba una serie de actividades que generaban valor al producto y toda mejora de productividad estaba dada por implemento de nueva tecnología que realizara dichas actividades en un

⁷ SERPELL, Alfredo. Administración de Operaciones de Construcción. Santiago de Chile: Alfaomega, 2002. p.18. ISBN 958-68-2451-9.

⁸ "Application of the new production philosophy to construction", Technical Report No. 72. Stanford University), Citado por BOTERO, Luis. Productividad y Construcción. Medellín, Colombia: Editorial Universidad Eafit, 2011, p 193.

menor tiempo; pero lo que se tiene en cuenta en la actualidad son procesos constructivos por convenciones y flujos, siendo estas actividades complementarias a la ejecución de las obras; pero que no en todos los casos agregan valor al producto final, es decir que existen dentro los procesos actividades que se pueden eliminar.

En la construcción de carreteras tenemos ejemplos en común de lo ya mencionado por ejemplo para los movimientos de tierra siempre se han buscado maquinarias de mayor potencia que puedan ejecutar el trabajo cargando mayores cantidades, sin embargo, no se han detenido a observar que en el desarrollo de la actividad aparecen factores que no se creían importantes como menor número de volquetas, ausencia de topografía entre otras cosas que generan pérdidas en tiempo que podrían ser evitadas y aumentado la productividad.

4.5.1 Filosofía Lean

La filosofía Lean o esbelta procede de la producción sin pérdidas en los procesos de producción, procesos visibles y de fácil observación permitiendo encontrar los errores en el momento de la producción y realizando la correcciones necesarias en el momento, para esto se cuenta con diferentes herramientas como just in time que busca producir los elementos solicitados por el cliente (oferta=demanda) sin generar más de lo que se necesita, 5 S's que son organizar, ordenar, limpiar, estandarizar y sistematizar buscando un área de trabajo organizado y limpio evitando pérdidas por desorganización, sistema pull que busca producir solo lo que se necesita para esto se utiliza también la herramienta Kanban que son solicitudes o etiquetas que se deben hacer entre los sectores aumentando la comunicación y controlando que si algo se produce sea por solicitud del otro, y por último la herramienta Kaizen que busca el mejoramiento continuo dentro del proceso, corrigiendo errores inmediatamente y garantizando que no vuelvan a ocurrir.

El principal objetivo con esta filosofía es la identificación y remoción de las pérdidas o mudas dentro del proceso, por esto es necesario definir claramente a lo que se consideran pérdidas: para esto se debe reconocer primero que se tiene diferentes tipos de actividades las se pueden clasificar en tres grandes grupos según el valor que le den a los productos. Estos tres grandes grupos se reconocerán como: trabajo productivo, trabajo contributivo y trabajo no contributivo.

- Trabajo productivo: en esta clasificación encontraremos todas las actividades que le den valor a los productos a construir, esto debe ser de forma directa como por ejemplo: el amarre de acero en un concreto reforzado, encofrar un elemento; entre otros, estas actividades definen la composición o forma del producto de forma directa y por esto estará clasificado entre los tiempos productivos.

- Trabajo contributivo: para esta clasificación se tienen presentes todas las actividades que aunque no generen valor directamente al producto, son labores que no se puede eliminar o que son necesarias dentro del proceso, actividades tales como el transporte de material, lectura de planos, planeación de trabajo, etc, es posible observar que aunque estas tareas no estén definiendo como tal el producto, si son necesarias para la correcta elaboración de elementos o actividades que si generan valor.
- Trabajo no contributivo: dentro de esta clasificación se pueden reconocer todas las actividades que no están presentes dentro de los otros dos grupos. Ósea que estas no generan valor directamente y que no son necesarias para la producción, por esto son actividades que pueden ser eliminadas de los procesos sin afectar la calidad del producto, entre estas se encuentran actividades como son traslados, interrupciones, esperas, entre otras.

Para reconocer la presencia de esta clasificación dentro de la obra se debe saber que existen unos procesos o flujos de trabajo para llegar al desarrollo de un producto único y con características específicas las cuales están dadas por el cliente generando su valor según la necesidad o requerimiento del mismo, teniendo en cuenta esto se conocerá cuál es valor que tiene cada elemento y cuáles son las actividades que aportan a la creación del producto y cuales se podrían modificar en función de aumentar la eficiencia.

Según lo dice Pons Achell⁹ el flujo de valor o cadena de valor está determinado por las actividades necesarias para realizar un producto, es en este flujo es donde se encuentran las perdidas en los procesos ya que es aquí donde se reciben las materias primas y la mano de obra para realizar un nuevo producto, esta puede iniciar desde la recepción del material y concluir hasta que el producto esté listo para entregar.

4.5.1.1 Pérdidas

Según Womack & Jones¹⁰ de la identificación del flujo de valor, siempre se van a encontrar presentes otro tipo de actividades relacionadas con los procesos, pero que no necesariamente dan valor al producto final, de acuerdo a este pensamiento esas actividades son reconocidas como muda (despilfarro), estas se clasifican en otros tipos de muda y lo que siempre debemos buscar es modificación de los procesos para que estas no se presenten.

⁹ PONS ACHELL, Juan Felipe. Introducción a Lean Construction. Madrid, España: Fundación Laboral de la Construcción, 2014. 71 p.

¹⁰ WOMACK, James P and JONES, Daniel T. Lean Thinking: Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los desperdicios y crear valor en la empresa parte 1. 1 ed. En libro electrónico: Grupo Planeta Spain, 2012. 42p. ISBN 978-84-9875-199-4 (epub).

Las pérdidas, desperdicios o mudas, son todas aquellas actividades que no están generando valor en el producto por lo que estas pueden ser eliminadas, teniendo en cuenta la postulación de Taiichi Ohno¹¹ en procesos Toyota dentro de los procesos de producción se pueden encontrar muchas actividades que encajan en la definición de pérdidas, tanto así que se podía decir que las pérdidas son las que ocupan el mayor tiempo en los procesos de producción, esto se debe a varios factores como los transportes excesivos, los inventarios muy grandes, los re-trabajos y las actividades ociosas en horas de trabajo.

Lo primero para reconocer las pérdidas, es tener definido el flujo de valor o flujo de trabajo, en este trabajo se determina cuáles son las actividades que generan valor al producto y cuáles son las que aun sin darle valor directamente al producto, son necesarias para la ejecución del trabajo productivo, teniendo en cuenta esto se va a retomar algo ya mencionado en la determinación del flujo de valor, como lo dice Womack & Jones¹² la filosofía busca entregar productos con un valor determinado por los clientes esto implica que toda actividad que no cumpla con este objetivo está generando mayores costos. Con la determinación del flujo de valor se encontraron las mudas, Womack & Jones¹³ clasifica en dos tipos de muda, muda tipo 1 que son todas las actividades que no generan valor al producto pero que son necesarias para su correcta elaboración como son las verificaciones y controles dentro del proceso por ejemplo la inspección del amarre del acero, y muda tipo 2 las cuales pueden ser eliminadas inmediatamente de los procesos ya que no son necesarias, en muda tipo 2 se encuentran todos los desperdicios ya sean de material o personal, por ejemplo los re-trabajos (actividades conocidas en la industria como una actividad re hecha por errores y fallas en el producto).

Las actividades que no se encuentren dentro del flujo de valor debido a que no son necesarias son aquellas pérdidas o muda tipo 2 dentro del proceso que se deben identificar, Taiichi Ohno¹⁴ clasifico 7 principales pérdidas que interrumpían el flujo de valor.

1. Sobreproducción: mayor cantidad de inventario o con más calidad de la requerida por el cliente, aumentando el costo sin necesidad.

¹¹ OHNO, Taiichi. Toyota Production System: beyond large-scale production. Cambridge, Productivity Press. 1988, citado por PONS ACHELL, Juan Felipe. Introducción a Lean Construction. Madrid, España: Fundación Laboral de la Construcción, 2014. p.19.

¹² WOMACK, James P. and JONES, Daniel T. Lean Thinking: Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los desperdicios y crear valor en la empresa parte 1. 1 ed. En libro electrónico: Grupo Planeta Spain, 2012. p.8. ISBN 978-84-9875-199-4 (epub).

¹³ WOMACK, James P. and JONES, Daniel T. Lean Thinking: Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los desperdicios y crear valor en la empresa parte 1. 1 ed. En libro electrónico: Grupo Planeta Spain, 2012. p.14. ISBN 978-84-9875-199-4 (epub).

¹⁴ OHNO. Op. Cit., p.37.

2. Esperas o tiempos de inactividad: producidas por retrasos o falta de materiales por lo general, esto también puede ocurrir por interrupciones de otras actividades.
3. Transportes innecesarios: la mala distribución o falta de organización pueden generar un mayor tiempo en transporte de material, herramientas o personal.
4. Sobre procesamiento: exceso de control de calidad, mayor número de inspecciones y uso de equipos no necesarios.
5. Exceso de inventario: el exceso de inventario puede generar pérdidas por material, ya sea por deterioro o por robo.
6. Movimientos innecesarios: esto puede darse por falta de estandarización en los procesos o por demasiada improvisación.
7. Defectos de calidad: causados por malos diseños o poca capacitación del empleado, esto produce la no satisfacción del cliente y la presencia de re-trabajos

Lauri Koskela introdujo la filosofía Lean a la industria de la construcción en 1992, tomando todos los principios de Lean y basado en herramientas para el mejoramiento del sector, esto se conoció como Lean Construction que según el Lean Construction Institute (LCI) tiene como objetivo la construcción sin pérdidas con una producción ajustada en la construcción maximizando el valor del producto y minimizando los desperdicios. Koskela, implementó nuevas pérdidas encontradas en el sector de la construcción, estas fueron el Making do y la subestimación de tareas.

Estos nuevos tipos de pérdidas están relacionadas con el Lean construcción donde el Making do podemos definirlo como la realización de tareas sin cumplir con todos los requerimientos, según Koskela¹⁵ toda actividad de la construcción debe contar con requerimientos necesarios antes de su ejecución, como contar con el material requerido, la maquinaria, herramientas, personal necesario, condiciones externas e instrucciones; el inicio de una actividad de construcción sin cumplir con estos requerimientos será una pérdida desde el punto de vista de los procesos, porque se generan improvisación para suplir las falencias de los requisitos.

¹⁵ KOSKELA, Lauri. Making-do—The eighth category of waste. 2004, Citado por ARROYO, Paz. Camino a la Excelencia en Gestión de Proyectos, (Apuntes de clase) [En línea]. [Chile, Santiago de Chile]: Universidad Católica de Chile, [citado el 30 abr., 2018]. Semana 2, video: Pérdidas en Industrias. Disponible en la web:< <https://www.coursera.org/learn/camino-excelencia-gestion-proyectos/lecture/NJx94/perdidas-en-industrias>>.

Otra pérdida expuesta por Koskela¹⁶ es la subestimación de tareas, está se encuentra relacionada con la falta de especificaciones o no conocer al detalle la realización de la actividad, provocando una inadecuada planeación y presentando recursos distintos a los necesarios o menor cantidad de material de lo requerido, lo que provocara pérdidas por demoras o mala calidad del producto, otro factor que puede provocar este tipo de despilfarros es el personal inapropiado, si una tarea es subestimada y no se le otorga el personal necesario para la actividad, el esfuerzo del personal será mayor, por lo que no solo podría tardar más, sino que el agotamiento físico del trabajador se verá involucrado.

4.5.2 El trabajo

El trabajo de construcción es caracterizado por el solapo o continuidad de actividades que se desarrollan como fin de construir una edificación, infraestructura o elementos de construcción presentes en una obra, en este se encuentra un personal humano, materiales y herramientas, las construcciones a ejecutar no siempre deben ser nuevas, estos pueden ser remodelaciones o ampliaciones de un elemento ya existe e incluso en la ejecución de estas labores también se tiene en cuenta las demoliciones.

Para el reconocimiento del trabajo de construcción será necesario conocer específicamente los elementos a construir en la obra, igualmente conocer que materiales, herramienta, equipos y mano de obra se verá involucrada, donde se construirá los elementos y que zonas serán intervenidas en los procesos de construcción y así determinar que más actividades se presentaran en el desarrollo de la obra.

En el caso de esté estudio y según lo mencionado anteriormente podemos destacar ciertas actividades con mayor ejecución dentro del proyecto a desarrollar, donde se destacan las labores que generan más valor al producto de acuerdo a las necesidades del cliente y por ende las más importantes para conocer una eficiencia y productividad. De este modo se identificaron las siguientes actividades y se recalcó su importancia

- Transporte de material: es tal vez el de mayor frecuencia dentro del proyecto debido a la extensión que presenta la obra y la necesidad de realizar grandes movimientos de tierra, materiales (pedraplén, arena, gravilla, sub-base, base

¹⁶ KOSKELA, Lauri. Subestimacion de tareas. 2013, Citado por ARROYO,Paz. Camino a la Excelencia en Gestión de Proyectos, (Apuntes de clase) [En línea]. [Chile, Santiago de Chile]: Universidad Católica de Chile, [citado el 30 abr., 2018]. Semana 2, video: Perdidas en Industrias. Disponible en la web:< <https://www.coursera.org/learn/camino-excelencia-gestion-proyectos/lecture/NJx94/perdidas-en-industrias>>.

y material asfáltico) necesarios en la construcción deben ser llevados a diferentes puntos del proyecto; para esto se necesitara de equipos como volquetas, retro-excavadoras, cargadores y personal humano.

- Excavación manual y mecánica: esta actividad se desarrolla con gran frecuencia debido a los movimientos masivos de tierra que se encuentran involucrados en la construcción de vías, en su mayoría serán ejecutadas por maquinaria como la mencionada en el párrafo anterior. Sin embargo, para trabajos más pequeños con mayor número de detalles y con difícil acceso como por ejemplo en la construcción de alcantarillas que solicitan movimientos de tierra menores en comparación con la construcción de la vía, será necesario realizar la excavación por medio del personal humano y con ayuda de las herramientas menores.
- Amarre de acero: en la construcción con concreto reforzado, el acero es el material de importancia para reforzar el concreto, adicionalmente cada elemento a ser construido tiene un diseño particular de disponer el acero según sus características y necesidades, lo cual requiere de actividades como corte y figurado anteriores al amarre de este material.
- Mejoramiento de terreno: esta actividad siempre estará ligada a un estudio de suelos previos que demuestren la calidad y la necesidad de mejoramiento del suelo, este trabajo es necesario cuando los asentamientos son mayores a los que soporta el objeto a construir debido a que las obras desarrolladas sobre unas malas bases bajan la vida útil y aparecen deterioros en menor tiempo dada su calidad.
- Fundición de concretos: el número elevado de construcciones con concreto hacen de esta actividad la más importante para la comunidad debido a su uso en la industria de la construcción, por esto siempre se busca el mejoramiento de los procesos, buscando mejor calidad y mayor rentabilidad para los involucrados en la construcción, disminuyendo sus tiempos de ejecución.
- Construcción de filtros y cunetas: la construcción de obras complementarias que garanticen la calidad y buen servicio de los productos, es necesario para los proyectos de grandes costos y que benefician a un número mayor de personas como es el caso de las vías, por la afectación que tiene el agua sobre las construcciones es importante la implantación de filtros que evacuen dicha agua de los elementos, igualmente la presencia de cunetas evitan que la vía se inunde y ocasione inconvenientes en la conducción de los vehículos.

- Imprimación de carpeta asfáltica: para las construcciones viales esta actividad es el terminado de la obra, ya que es la base donde transitarán los vehículos, por eso es de mayor importancia debido a que garantiza la funcionalidad del elemento.
- Aplicación de base y sub-base: al igual que la imprimación asfáltica esta es una actividad necesaria para el objetivo principal de proyecto que es la construcción de la vía, este es un tipo de mejoramiento del terreno sobre el cual será construida la vía disminuyendo las grandes deformaciones por causa de tránsito de tráfico pesado y permitiendo su durabilidad en el transcurso del tiempo.
- Demoliciones: en este proyecto en particular esta actividad genera gran importancia, al igual que en cualquier obra que implique el mejoramiento o ampliación de infraestructura existente, ya que su diseño inicial cambiara y ciertas cosas deben demolerse para la ampliación o reconstrucción del elemento.

4.5.3 La mano de obra

De acuerdo con Serpell¹⁷ el recurso humano es el más importante en la construcción, debido a que este es el que ejecuta la mayoría de actividades en procesos constructivos, por eso se debe tener en cuenta no solo el aspecto físico y la capacidad de realizar las labores por parte del personal, sino que también debemos tener en cuenta el aspecto emocional y psicológico como persona, ya que una persona motivada y con disposición al trabajo mantiene un mayor interés por mejorar continuamente, que una persona que no lo está.

4.5.3.1 El ambiente laboral

La motivación de las personas en el desarrollo de trabajo es bastante importante en la ejecución de proyectos, debido a que se ha demostrado que un trabajador motivado se esfuerza mucho más en la realización de sus labores, “El esfuerzo gastado por un trabajador es la manifestación física de la motivación. A mayor motivación, mayor es el esfuerzo aplicado por él”¹⁸, esto no quiere decir que el rendimiento aumente, sí demuestra el interés del trabajador por hacer mejor su

¹⁷ SERPELL, Alfredo. Administración de Operaciones de Construcción. Santiago de Chile: Alfaomega, 2002. 289 p. ISBN 958-68-2451-9.

¹⁸ SERPELL, Alfredo. Administración de Operaciones de Construcción. 2 ed. Santiago de Chile: Alfaomega, 2002. p 195. ISBN 958-68-2451-9.

trabajo; para Abraham Maslow¹⁹ la motivación en el trabajador estará ligada con la satisfacción de las necesidades, estas necesidades pueden ser fisiológicas, de seguridad, sociales, aumento del ego y necesidad de la realización personal, aunque no se ha demostrado que una alta motivación aumente la productividad si se puede conocer como un trabajador motivado puede mejorar continuamente y es más estable en su trabajo.

Para Botero²⁰ existen 7 factores que afectan el rendimiento, estos 7 factores se encuentran en el ambiente laboral de las obras y deben ser tenidos en cuenta para una medición de productividad, estos factores son: economía laboral, aspectos laborales, clima, actividad, equipamiento, supervisión y trabajador. Sin embargo, para el proyecto en cuestión solo se tendrán en cuenta algunos de estos aspectos que son influyentes en el proyecto.

- Economía laboral: este factor debe tener en cuenta como se encuentra la economía en la zona donde se desarrolla el proyecto y de la comunidad en general, ya que cuando existen problemas económicos pueden presenciar problemas de hurto o pérdidas de material o equipo que influye en el ambiente laboral, para eso debería tenerse un estudio más detallado de esta economía y después hacer las respectivas observaciones en la obra.
- Aspecto laboral: Existen varios aspectos laborales que pueden afectar el rendimiento de las cuadrillas de trabajo, Botero²¹ propone aspectos que intervienen en el rendimiento como: tipos de contrato, sindicalismo, incentivos, salario o pagos por trabajos a destajos, ambientes del trabajo, seguridad industrial y seguridad social; por esto el pago por días laborales o subcontratación interfieren en el rendimiento del trabajador. Otro factor importante fue el ambiente del trabajo, debido a la mala comunicación e inconformidad entre el personal que construida los elementos y el que dirigía las actividades.
- Actividad: con respecto a la actividad, la presencia de dificultad o riesgo para el trabajador interfieren en su desarrollo, el no mantener un aseo u orden no promueven un buen ambiente de trabajo, ya que esto promueve la presencia de accidentes o mala imagen que no genera una buena reacción entre los trabajadores.

¹⁹ MASLOW, Abraham. 1954, Citado por SERPELL, Alfredo. Administración de Operaciones de Construcción. 2 ed. Santiago de Chile: Alfaomega, 2002. p 195. ISBN 958-68-2451-9.

²⁰ BOTERO, Luis. Productividad y Construcción: Medición de la Productividad en la Construcción. Medellín, Colombia: Fondo Editorial Universidad EAFIT, 2011. p.218, p.219, p.220, p.221.

²¹ IBIT., p.25.

- Equipamiento: para este factor, Botero²² estipula que el rendimiento no debe ser afectado negativamente, por eso la cuadrilla necesita estar equipada con las herramientas adecuadas y en buen estado para desarrollar el trabajo, esto con el fin de evitar mudas por detención de los procesos constructivos ocasionadas por falta de herramientas.
- Trabajador: las condiciones personales son muy importantes en el trabajador, el estado de ánimo y su reacción a cada situación está muy ligada con lo que él esté viviendo para esto Botero²³ indica ciertos aspectos que influyen en el trabajador como situaciones personales, ritmos fuertes de trabajo, habilidades que tiene el personal, conocimiento sobre las obras a desarrollar, desempeño y actitud hacia el trabajo, se deben tener en cuenta los aspectos anteriores debido a que pueden interferir en los rendimientos de la construcción de la obra.

4.5.3.2 La composición

La mano de obra en la construcción está conformada por cuadrillas de trabajo, las cuales dependen de la actividad que realiza, según esto las cuadrillas se clasifican en: cuadrillas hidrosanitarias (la cual se encarga de las conexiones hidráulicas en tuberías) su rendimiento se mide en puntos y metrajes de tubería instalada; cuadrilla de cimentación (encargada de excavaciones y fundición de cimentaciones) cuyo rendimiento es medido en m^3 de cimentación; cuadrilla de pinturas con unidad de medida en m^2 ; cuadrilla estructural (a cargo de la construcción de estructura en concreto) medida según su rendimiento en m^3 . Adicionalmente las cuadrillas de trabajo se componen por rangos según su experiencia donde se encuentran: los maestros generales (con mínimo 5 años de experiencia en la actividad a desarrollar), oficiales (con mínimo 3 años de experiencia y conocimiento en lectura de planos) y auxiliares (sin experiencia), estos últimos son los encargados de transportar el material, alcanzar herramienta y hacer las labores en las que requiere más fuerza.

Para la obra en cuestión se trabajan cuadrillas tipo integradas por un maestro general, 2 maestros oficiales y 5 auxiliares de acuerdo a los análisis de precios unitarios. Sin embargo, como no todas las actividades son iguales y las cuadrillas no serán siempre las mismas, hay que tener en cuenta que las cuadrillas de trabajo estarán dispuestas según las labores a ejecutar y el elemento que se esté construyendo.

²² IBIT., p.25.

²³ IBIT., p.26

4.5.4 La eficiencia en el trabajo

Para la medición de productividad en la industria de la construcción también es muy importante considerar los materiales necesarios, estos tienen que ser utilizados de la manera correcta, porque los desperdicios en material no solo involucra más costos por material sino detenciones en los procesos constructivos por ausencia de los mismos, al hablar de esto es importante tener en cuenta la efectividad con que se trabajara, para esto se reconoce que efectividad es igual a la suma de la eficacia y la eficiencia, donde se asume que si se alcanza el resultado sin importar el método, se está siendo eficaz, pero si se alcanza el objetivo con el mínimo de recursos necesarios se está siendo eficiente, conociendo esto es posible hablar de que para tener una alta efectividad dentro de los procesos se deben garantizar el cumplimiento de los términos eficacia y eficiencia.

Con base Serpell²⁴, evaluaremos aspectos importantes y a tener en cuenta en la medición con el fin de reconocer la efectividad de los procesos constructivos, como primer ítem se debe conocer que los materiales se pueden clasificar en los siguientes grupos: materias primas, componentes, material en proceso, productos terminados e insumos, lo anterior con el fin de reconocer que existen materiales de mayor relevancia dentro de cada actividad, los cuales se deben tener en cuenta. Para el estudio en cuestión se tendrán en cuenta materias primas como cemento, agua, arena y grava, material en proceso como son los concretos, y productos terminados como tubos y acero.

La correcta administración de materiales depende de muchos aspectos que ya se han definido con anterioridad en este estudio, como son el tipo de proyecto, plazos de entrega y la responsabilidad que tiene cada involucrado del proyecto, otros aspectos no mencionados y que deben ser tenidos en cuenta son las restricciones presentes en la adquisición o almacenamiento de determinados materiales, debido a que la planificación para mantener un inventario adecuado, depende de la calidad que tiene el material, recepción en obra y la consideración de implementar material prefabricado.

El almacenamiento de los materiales es otro aspecto importante debido a que en este se garantiza la protección, ya sea por daños o pérdidas. Existen tres tipos de almacenamiento, los cuales son almacenamientos temporales donde este se realizara por un corto plazo, lo que indica que el inventario será mínimo necesario, donde lo que se busca es que se encuentre cerca al área de producción disminuyendo el transporte, el segundo tipo de almacenamiento es por acopio, este suele ser en un lugar externo al proyecto y en grandes cantidades, con el fin de tener el suficiente inventario para que la obra no se detenga y su precio se

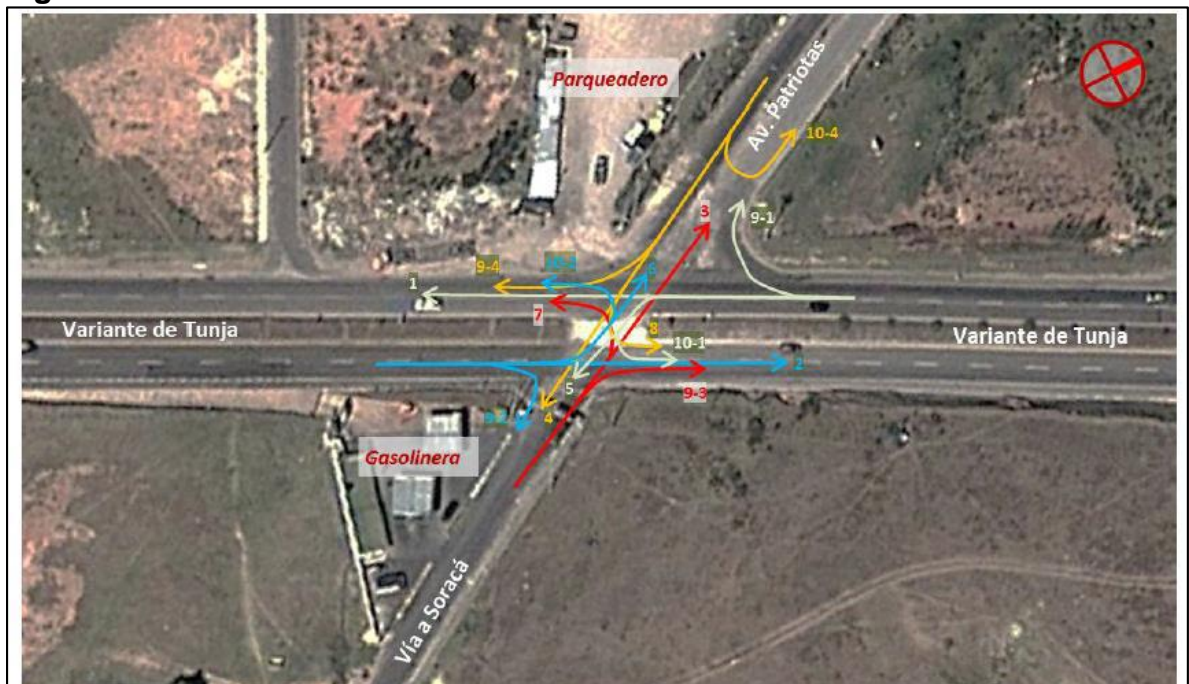
²⁴ SERPELL, Alfredo. Administración de Operaciones de Construcción. 2 ed. Santiago de Chile: Alfaomega, 2002. Cap.8. ISBN 958-68-2451-9.

mantenga, y por ultimo tenemos las bodegas que están dentro del proyecto y mantienen inventario suficiente para las actividades futuras que se desarrollan en el proyecto.

4.6 OBRA

Las nuevas obras viales en Colombia, son diseñadas con el fin de garantizar seguridad y desplazamientos a largos tramos, en el menor tiempo posible, para esto existe la necesidad de garantizar que cada elemento de las vías sea el adecuado y garantizara la seguridad en el momento de transitarlas, para esto deben existir elementos dentro de las vías como retornos que permitan cumplir lo mencionado anteriormente para el caso de una intersección. La concesión Briseño-Tunja-Sogamoso (N° contrato 377-2002), adjudicada al consorcio Solarte Solarte en el año 2002 por un valor de 1'043.879'000.000 de pesos, diseño la variante Tunja, la cual conecta la ciudad por diferentes zonas con los municipios de Soracá, Viracacha, Boyacá Boyacá, Ramiriquí, Jenesano, Tibana, Rondón, Zetaquirá, Miraflores, Ciénega, Siachoque, Chinavita, Umbita, Pachavita.

Figura 1. Cruces viales intervenidos



Fuente: Adaptación a fotografía satelital disponible en google Earth.

Pero en uno de los tramos se encontró la dificultad de paso de la vía en la intersección patriotas, ya que en esta no se garantizaba la adecuada movilidad, ni se garantizaba la seguridad vial al momento de transportarse del municipio de Soraca a Tunja, presentando varios inconvenientes al tener un cruce a nivel donde al existir altas velocidades en el tramo, la percepción de inseguridad es mayor. Para esto se buscaron las soluciones más convenientes y sencillas para el usuario, dando como respuesta la construcción de un retorno con dos ramales que permitieran realizar el cruce de manera adecuada para una vía con estas características.

4.6.1 Ficha del proyecto

La obra a ejecutar presenta las siguientes características:

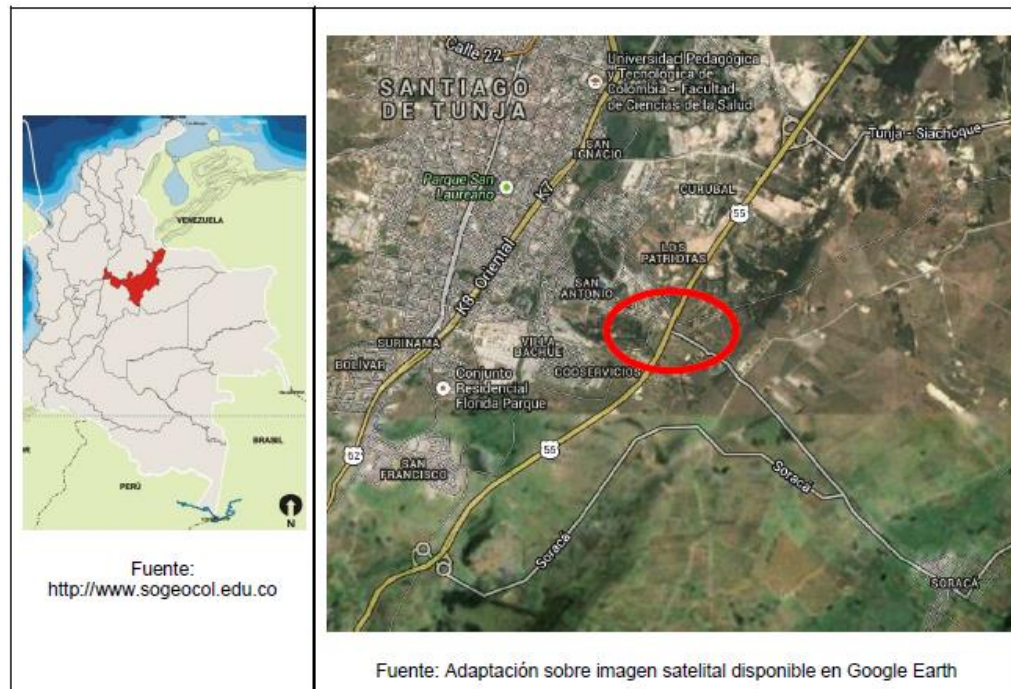
- Contratante: Gobernación de Boyacá.
- Contratista: Pavimentar S.A
- Representante Legal: Hernán Alfredo Ramos Cárdenas
- Contrato No: 1425 del 23 de Mayo de 2017
- Valor del Contrato: \$ 7.207.871.624
- Contrato de Interventoría: No. 1442 del 31 de Mayo de 2017
- Representante Legal: Gustavo Roso Gómez
- Valor del Contrato: \$ 395.641.981
- Actividades a realizar: Contratación de mano de Obra; Traslado de Maquinaria y Equipos; Cargue, transporte y descargue de materiales; Construcción y mejoramiento de las obras de arte, las cuales incluyen excavación estructural de filtros, cunetas y demoliciones puntuales; Explotación de fuentes de materiales, para proveer el material requerido para la construcción de obras de arte y la conformación de la estructura de pavimento; Instalación y funcionamiento de plantas de asfalto y triturado de Agregados; Intervención de zonas inestables sobre el corredor existente.
- Maquinaria a utilizar: Retroexcavadoras, Recicladoras de Asfalto, Cargadores, Compactadores, Motoniveladoras, Volquetas Doble troque, Compactadores de Llantas y Herramientas menores.
- Plazo: El plazo inicial para el desarrollo del proyecto es doce meses (12)
- Fecha de inicio
- Fecha probable de finalización

4.6.2 Localización

La zona de estudio se encuentra ubicada hacia el sector sur oriental de la ciudad de Tunja en el Departamento de Boyacá. El proyecto se localiza sobre la carretera Briceño – Tunja – Sogamoso (concesión BTS), en la Variante de Tunja - ruta 55 BY A, entre dos distribuidores viales que conectan hacia las poblaciones de Soracá

(K03+350) y Siachoque (K07+700), la intersección objeto del estudio, ubicada en la abscisa K05+950 de la variante; la cual está conformada por el cruce con la Av. Patriotas (entrada oriental a la zona urbana de Tunja) y la conexión secundaria hacia Soracá.

Figura 2. Localización en planta del proyecto



4.7 RESTRICCIONES

Las restricciones son limitaciones que se encuentran en el desarrollo del proyecto que no permiten el correcto desarrollo del trabajo o interfieren en los resultados esperados, por lo general están ligadas con las características propias del tipo de proyecto (construcción vial) y se deben tener en cuenta porque son factores que no se pueden controlar. Por esto vamos a mencionar cuales restricciones están presentes en el estudio

1. Los cortos tiempos de ejecución del proyecto limita la curva de aprendizaje, esto ocurre porque no permite el tiempo para enseñar al personal obrero como desarrollar las actividades, por el contrario este ya debe saber cómo desarrollar las labores.

2. Por otro lado el clima no permite el continuo desarrollo de los procesos constructivos, debido a que las lluvias detienen la ejecución de actividades y las altas temperaturas aumentan el cansancio en el personal de trabajo, interfiriendo de manera indirecta el rendimiento en la obra.
3. El tiempo limitado para la entrega del proyecto aumenta la presión sobre los empleados del proyecto, porque necesitan resultados rápidos los cuales no permitiendo la correcta planeación al inicio de la obra y limita la administración a solucionar los problemas cuando se presentan.
4. Al ser trabajos temporales, el tiempo no permite que se realice la capacitación adecuada del trabajador, por lo que se pretende es reciclar el personal de obra de otros proyectos similares que contengan los conocimientos para desarrollar las actividades.
5. Los intereses particulares entre los involucrados produce relaciones antagónicas que afectan el desarrollo de la labor, porque cada uno de estos buscar el mayor lucro personal donde se pretende conseguir economía sin ver afectada la calidad y disminuyendo costos en la mano de obra.
6. Al ser proyectos que se basan en la experiencia del personal no permiten que se involucren nuevos conocimientos, lo que no permite mejoras en los procesos de construcción provenientes de profesionales jóvenes con nuevas tecnologías de la administración.

5. PLANEACIÓN DE METODOLOGÍA DE MEDICIÓN

Para comenzar, en este capítulo vamos a definir que la metodología se va a desarrollar con la finalidad de buscar mejoras de productividad en los procesos de construcción, por esto es necesario que se tenga en cuenta la ya mencionada filosofía Lean, que busca la eliminación de pérdidas o desperdicios dentro de los procesos. Para esto se realizan mediciones de la productividad, donde se puede realizar mediante dos métodos en los cuales uno de ellos utiliza instrumentos tecnológicos como filmaciones a la realización de actividades para posteriormente analizar las labores presentes en un día de trabajo, y por medio de observadores que registren tiempos y actividades en los procesos de construcción, esto puede ser desde un punto fijo donde tenga la oportunidad de ver las actividades de todos los trabajadores (para obras pequeñas) y otra es mediante el desplazamiento del observador a lo largo de la obra.

Para la medición de la productividad propuesta se realiza por medio de observaciones del trabajo de forma directa, recolectando toda la información posible acerca de la realización de actividades de las cuadrillas presentes en las áreas de estudio, donde lo que se busca hacer es un seguimiento continuo del proceso constructivo por medio de un observador, registrando como se compone y distribuyen las labores dentro de la obra, registrando los tiempos utilizados en cada actividad para posteriormente clasificarse según su trabajo (Trabajo productivos, trabajo contributivos y trabajo no contributivos).

Esta será una medición cuantitativa en la medida que se tomaran los tiempos de producción con el fin de determinar los rendimientos en obra y los porcentajes en que se dividen las actividades dentro de la clasificación del trabajo, pero también tendrá un desarrollo cualitativo dado que no se dejaran de lado el ambiente laboral y las funciones de los integrantes de las cuadrillas.

5.1 IDENTIFICACION DE ACTIVIDADES

Por medio de reconocimiento en campo y con el conocimiento previo de obras similares se identifican cuales actividades están presentes y como se desarrollan en beneficio del producto a construir, para esto debe ser tenido en cuenta que para que una actividad desarrollada pueda ser medida, necesita presentar características como: ser repetitivas, que generen un producto final, tengan una unidad de medición (ya sea lineal, área, volumen o tiempo).

Con las actividades identificadas en el proyecto vial es necesario alinear el objetivo del estudio con las actividades encontradas, para esto se deben reconocer cuales son las labores a analizar teniendo en cuenta que se va a medir la productividad de

la mano de obra, descartando así cualquier actividad que no sea de interés. Otro factor importante para que el estudio sea representativo es que las actividades a estudiar sean influyentes en la industria de la construcción, esto con la finalidad de que sean de interés para diferentes tipos de obras y que sean desarrolladas en la actualidad con alta demanda, lo que garantiza un mayor interés en el sector.

5.2 IDENTIFICACIÓN DE CUADRILLAS

Teniendo claro que actividades serán parte del estudio, el siguiente paso para la medición de la productividad es el reconocimiento de cuadrillas, en este se determina la composición de las cuadrillas presentes en la construcción que permitan el mayor rendimiento, para esto es necesario la observación de la ejecución de las tareas en la construcción, con el fin de reconocer el número de integrantes, las funciones ejecutadas por cada personal y tener en cuenta que rango presenta dentro de la cuadrilla según la experiencia adquirida en otras obras, para que posteriormente se determine cuál sería el número indicado de personas en cada grupo de trabajo.

Con información adicional como análisis de precios unitarios estipulados para la obra y los desarrollados por la gobernación, es posible identificar la composición de cuadrillas necesarias para las labores a ejecutar y así conocer si las cuadrillas utilizadas corresponden con las estipuladas. Sin embargo, los mejores rendimientos no necesariamente son de acuerdo al número de integrantes dado por fuentes externas, por eso se deben reconocer los diferentes rendimientos e identificar cual composición puede beneficiar más a esta obra en particular.

5.3 DETERMINACION DEL FLUJO DE TRABAJO

A continuación con actividades y cuadrillas identificadas se determinan los flujos de trabajo, para esto se hace el análisis sobre cómo se están desarrollando las labores por medio del seguimiento en obra y los datos recolectado en el paso de identificación de actividades, posteriormente se reconocen cuales acciones son predecesoras y cuáles son las que continúan, esto con el fin de determinar el flujo por el cual se rigen la construcción de los elementos en el proyecto e identificar qué beneficios trae cada labor al producto final. Por ejemplo en la construcción de una columna de concreto reforzado el amarrar acero va antes del encofrar y después de esta continua la fundición del concreto, ósea que el flujo seria: amarre de acero, encofrado y fundición; cada una dando un valor específico al producto final.

Para desarrollar el flujo del trabajo se debe tener en cuenta todas las actividades presentes en la construcción del elemento sin importar que esta no genere valor al producto porque existen actividades innecesarias en la ejecución del trabajo que

pueden ser modificadas o eliminadas con el fin de mejorar los procesos constructivos. Al realizar esto se puede conocer cuál es la forma más eficiente de desarrollar las actividades promoviendo un continuo mejoramiento y la eliminación de pasos incensarios dentro de proceso de la construcción.

5.4 DEFINIR FORMATO DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Con base al objetivo del estudio se tiene claro cuáles son las prioridades en la información a recolectar, esto con el fin de conocer las necesidades a satisfacer por medio del formato, adicionalmente para que se pueda hacer uso de programas de computador que ayuden a crear un formato de recolección de la información que facilite el trabajo en campo es importante tener claro la información que se desea recolectar y así que por medio de tablas, cuadros y encabezados impresos en hojas de papel y ayuda de un esfero se recoja la información en el desarrollo de actividades para su posterior procesamiento y análisis.

El formato debe ser sencillo y fácil de interpretar, para esto es importante tener en cuenta que todo proceso a ser medido para una futura mejora debe poseer características como la estandarización en los procesos constructivos, esto permite un seguimiento de actividades más claro y sencillo, ya que la información puede ser categorizada en grupos de acuerdo a su clasificación de manera eficiente.

5.5 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Con ayuda de los formatos ya creados para la recolección de la información, se hace la toma de datos por medio de observación directa al trabajo realizado por la cuadrillas que laboran en la obra, esta toma de datos se hará de manera continua, llevando el registró en las hojas con el formato estipulado que facilita la toma de la información, adicional a estos datos de actividad ejecutada, tiempos y numero de personas, debe tenerse en cuenta observaciones importantes como de cuantas horas está constituida el jornal de trabajo, la presencia de factores que afecten el desarrollo de un día normal de trabajo como la lluvia o cosas ajenas a los procesos de construcción, el estado emocional o el ambiente laboral en el cual se presente el grupo de trabajo, etc.

Posterior a la recolección de la información y con el fin de agilizar el análisis se usan herramientas computarizadas que han hecho mucho más fácil el procesamiento de grandes cantidades de datos e igualmente han facilitado el almacenamiento de grandes volúmenes de material informático, por esto se hacer uso de esta herramientas para tener la información a la mano y tomar decisiones adecuadas de manera más oportuna, es así como toda la información se sube al computador y almacenada en programas como Microsoft Excel (2013) el cual permite hacer

análisis de información gracias a sus herramientas matemáticas facilitando el estudio. El tener la información sistematizada y almacenada en sistemas computarizados permite crear una base de datos que no solo puede ser usada para el análisis en este proyecto sino para proyectos futuros.

Adicional a la información recolectada en los formatos, es importante la toma de fotografías dentro del proceso de construcción, lo que permite reconocer con exactitud qué tipo de trabajo se realiza y el tipo de productos que se están ejecutando ya que las descripciones de un suceso no suele obtenerse toda la información necesaria. Por esto las fotografías son de gran ayuda.

5.6 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para el procesamiento de la información además de tener las bases de datos de los seguimientos realizados en la obra es necesario el conocimiento de teoría que permita hacer el trabajo estadístico y la organizar los datos de manera que se obtengan los resultados deseados, por esto antes del procesamiento ya se debe tener en cuenta cómo se va a trabajar la información y como se pretende organizar de manera que sea posible su análisis.

Como primer paso se crean cartas de procesos que muestren los flujos reales del trabajo como se reparte el recurso humano y en qué horas del día puede existir mayor afectación por desperdicios todo esto antes de iniciar con la organización de la información para evitar la modificación del proceso de construcción y poder realizar el diagnóstico de los procesos constructivos.

Para la medición de productividad lo primero que se busca es la ubicación del trabajo dentro de la clasificación ya mencionada dentro de la filosofía Lean y así identificar las pérdidas y que porcentaje de mudas se encuentran en el trabajo realizado, existen sub grupos en las clasificaciones que permiten la agrupación de trabajos similares con el fin de facilitar la organización y la toma de datos, por ejemplo las esperas o actividades ociosas dentro del trabajo no contributivo, estas con el fin de no tener que escribir si la espera fue por cemento, acero o por una indicación o en caso de las actividades ociosas incluir todas las que incluyen aislamiento del trabajador en obra por su propio beneficio.

Posteriormente se busca conocer cuál es la principal fuente de trabajo no contributivo, para esto se toma la información organizada en los sub grupos y se identifica cuáles son las de mayor presencia en la obra, esto con el fin de tomar medidas y correcciones necesarias, adicionalmente no se debe dejar de lado el estado del ambiente laboral ya que los factores de dichos desperdicios pueden provenir de las malas relaciones

Luego de tener la información organizada y con los indicadores ya descritos, se determinan indicadores como los rendimientos, estos con ayuda de gráficas, tablas y porcentajes permiten pronosticar las cantidades de actividades desarrolladas, el cumplimiento de las metas y permiten saber si es necesaria la modificación en los procesos constructivos por falta de rendimientos.

5.7 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Con el procesamiento de la información realizado, el análisis ya depende principalmente de la comparación de los resultados obtenidos con otras obras o indicadores descritos en otros proyectos, los APU's creados en la planeación de proyecto o APU's estipulados por entes reguladores permitirán realizar el análisis que demostrarán si se está cumpliendo los objetivos o por el contrario la obra se encuentra con demoras.

Es en este paso donde se toman las decisiones de cambio, donde con ayuda de la información recolecta se puede determinar que errores se están cometiendo y como se podrían solucionar, para eso se definen que factores están afectando negativamente la productividad y se realizan las mejoras y modificaciones en los procesos de construcción de acuerdo a los resultados obtenidos en este paso.

5.8 CREACIÓN DE PROPUESTA

Por ultimo con la información analizada, conociendo el estado actual de la obra y identificando las principales fuentes de pérdidas, se promueve la realización de hipótesis que permiten crear alternativas o modificaciones entre las actividades desarrolladas para mejorar su productividad, las cuales se pondrán puestas a prueba en algún momento determinado para comprobar su efectividad, todo esto con la intención de mejorar los procesos constructivos, eliminar los desperdicios y tener resultados más satisfactorios en la construcción de elementos.

6. TRABAJO DE RECONOCIMIENTO

En este capítulo se va a trabajar todo lo necesario para comenzar la medición, será un trabajo de identificación y reconocimiento de los procesos de construcción en obra que permitan la recolección adecuada de la información para su posterior análisis, las herramientas utilizadas no serán más que hojas de papel y esfero. Para esto se hace uso de la ya mencionada metodología haciendo por medio de observaciones directas al trabajo de campo que realiza la mano de obra.

6.1 IDENTIFICACIÓN DE ACTIVIDADES

Como en un capítulo de generalidades se reconocieron actividades presentes en las obras viales en este capítulo lo que se pretende es la sección de cuales de estas actividades son las que harán parte del estudio, teniendo en cuenta importancia y representación en otras obras y de acuerdo a los objetivos planteados.

6.1.1 Selección de actividades más representativas

Ya con las actividades identificadas fue necesario alinear el objetivo del estudio con las actividades presente en la obra, para esto se reconoció cuáles eran las labores con una producción artesanal, es así como el transporte de material, aplicación de sub-base y base, y otras actividades desarrollada en su mayoría por maquinaria no son tenidas en cuenta.

El concreto reforzado ha tenido un gran impacto en la construcción en los últimos años, debido a su durabilidad, resistencia y economía, por esto es uno de los principales material en la construcción, teniéndolo presente en edificaciones como puentes, viaductos, casas, edificios, andenes, entre otros; por lo tanto el proceso de fundición de concretos es el de mayor interés en el proyecto. Debido a lo anterior, las actividades más representativas para nuestro estudio y presente en el proyecto de construcción son la fundición de concretos y el amarre de acero, por su importancia y demanda en el sector de la construcción, estas actividades se encuentran dentro de la obra en la construcción de alcantarillas sencillas y dobles, la construcción de muros de contención y la construcción de la continuación de un box culvert.

Aunque la actividad con mayor importancia para nuestro estudio es la fundición de concretos y teniendo definido el seguimiento de la construcción de los elementos ya mencionados, debemos recalcar la presencia de otros procesos para el desarrollo de las fundiciones, los cuales también se llevan registro y medición de actividades como: ubicación y localización de tubería de 36", excavaciones y mejoramiento de

suelos, en síntesis de que son actividades desarrolladas principalmente por la mano de obra.

6.1.2 Actividades secundarias dentro de los procesos

Conociendo ya las actividades a seguir los procesos se encuentran actividades secundarias o complementarias dentro el desarrollo del trabajo es en estas como se mencionaba anteriormente, de estas actividades se van a componer los flujos de trabajo y fueron descritas anteriormente como flujos y convenciones, entre estas se encontraron traslados de material y personal, sostenimiento de equipo y material, lecturas de planos e inspecciones, diálogos, indicaciones, etc. Para facilitar el manejo de la información lo que se buscó hacer fue la ubicación de dichas labores en sub grupos los cuales se le otorgo una nomenclatura y se ubicaron dentro de la clasificación del trabajo según la filosofía Lean.

Tabla 1. Nomenclatura de clasificación de trabajo

CLASIFICACION	SIMBOLO
TRABAJO PRODUCTIVO Trabajo Productivo	TP
TRABAJO CONTRIBUTIVO Transporte de Elemento Retiro de Herramienta Planificación de Trabajo Lectura de plano Inspección/Control de Calidad	TE RH PT LP CC
TRABAJO NO CONTRIBUTIVO Ocio Espera Interrupciones no Autorizadas Traslado Actividades Personales Atrase y Adelantamiento de Trabajo Correcciones por Defectos	O E I T AP AT CD

6.2 IDENTIFICACIÓN DE CUADRILLAS DE TRABAJO

Las cuadrillas de trabajo se vieron modificadas en cuatro momentos diferentes de la ejecución de la obra, esto debido a diversos factores, sin embargo permitió el seguimiento de diferentes tipos de grupos de trabajos, a continuación se describen la composición e integración de las cuadrillas de trabajo por el orden en que se vincularon, es de aclarar que para las obras trabajadas nunca se implementó más de una cuadrilla de trabajo sino que se subdividió en de acuerdo con las labores.

6.2.1 Primera cuadrilla

Al comienzo de la obra se contaba con una cuadrilla mixta conformada por un oficial y tres ayudantes, esto debido a que la empresa constructora contaba con personal capacitado para trabajo del tipo constructivo como estructuras de concreto y aplicaciones de capa asfáltica, esta primer cuadrilla generaba un desbalance debido a la flexibilidad en el trabajo de la mano de obra, ya que el número de integrantes de la cuadrilla se duplicaba o disminuía de acuerdo con la disponibilidad de personal en otros proyectos con los que contaba la empresa constructora.

En el desarrollo de del trabajo la cuadrilla estaba conformada por:

Lelio (oficial): era la persona a cargo de la cuadrilla pero su experiencia en el trabajo no era la suficiente, sus conocimientos estaban limitados a la imprimación de capa asfáltica y construcción vial.

Fabián (ayudante): es una persona activa y entusiasta en el desarrollo de las actividades se encargaba de hacer lo oficios de mayor fuerza y de más grandes desplazamientos.

Carlos (ayudante): era la mano derecha del oficial, sostenía y alcanzaba la herramienta necesaria para la construcción, también era el vigilante los fines de semana por lo que no estaba presente los días lunes y sábados.

José (ayudante): la principal función de este ayudante era la conducción del vibro compactador, pero al no estar realizando su actividad de manera continua hacia parte también de la cuadrilla de trabajo pero de forma intermitente.

Este método de trabajo no fue el más conveniente, ni el más eficiente debido al conocimiento del personal de trabajo y el constante desbalanceo, los re trabajos en la obra por falta de experiencia fue un indicador importante para tomar la decisión de cambio de personal. Igualmente la falta de liderazgo fue notoria en la cuestión de que al no mantener un maestro general que delegara funciones, mostraba

personal ineficiente y una alta presión por cumplimiento de labores para el oficial a cargo.

Los últimos días de trabajo se vinculó un maestro general nuevo con el fin de solventar las falencias pero la decisión de contratar una nueva cuadrilla, ya se había ejecutado por lo que este trabajador solo estuvo por pocos días en obra.

6.2.2 Segunda cuadrilla

El día 17 de octubre se utilizó una nueva cuadrilla, la cual fue integrada con la cuadrilla existente compuesta por dos maestros, un oficial y dos auxiliares, esto disminuyó el re-trabajo que venía ocasionando pérdidas, la experiencia y el liderazgo fue notable dentro del desarrollo de las labores y la presencia de motivación en el ambiente laboral ocasionada por la contratación por metas que se generó con la nueva cuadrilla aumento el desarrollo de actividades y disminuyó la presión por parte de la empresa.

La integración de los dos maestros generales aumento considerablemente la experiencia del grupo de trabajo, estos maestros fueron:

José (maestro general): era el nuevo encargado de cuadrilla, dirigía a los trabajadores y ejecutaba el trabajo a la par con el otro maestro general, se dividían grupos de trabajo y cumplían diferentes labores.

Carlos (maestro general): se encargaba de dirigir actividades predecesoras que evitaran las esperas ocurridas por este factor, adicionalmente se encargaba de actividades de figurado y amarre de acero cuando era necesario la división de cuadrilla.

El auxiliar de trabajo que no hizo parte de esta cuadrilla de trabajo fue José el operario del vibro compactador, pero en el transcurso de trabajo si se vinculó un nuevo ayudante.

Luis (auxiliar): aunque su contratación fue de ayudante, era un personal con experiencia que contribuyo con el trabajo de los maestros generales, tenía experiencia en figurado de acero y fue ubicado en la realización de dicha actividad

La combinación de cuadrillas presento inconvenientes posteriores dado que los pagos al personal reciclado de la primera cuadrilla seguía siendo realizado por la empresa y se descontaba a los contratistas seguridad social, produciendo un desacuerdo entre las partes y un posterior cambio de cuadrilla, esto genero esperas

en la construcción de elementos y la continuación de trabajo contributivo por parte de los auxiliares que continuaban con las labores anteriormente asignadas.

6.2.3 Tercera cuadrilla

La incorporación de la otra cuadrilla el día 14 de Noviembre fue más acorde con la cuadrilla tipo, esta constaba de 1 maestro, 2 oficiales y 5 auxiliares, la totalidad de la nueva cuadrilla era completamente independiente a la empresa y con un contrato por metas entre el maestro y la empresa. En esta cuadrilla de trabajo solo se reciclo al auxiliar (Luis) de la anterior cuadrilla debido a su experiencia y buen desempeño.

Maestro general (contratista): era el encargado de toda la cuadrilla, conocía el funcionamiento de todo el personal y traía funciones delegadas con anterioridad, estaba presente en la obra máximo dos días a la semana y no de manera continua.

Antonio (oficial): era el segundo al mando después del maestro tenía conocimiento en apuntalamiento y fundición de concretos, era el encargado de la mayoría de encofrados con ayuda de dos auxiliares.

Alex (oficial): este oficial ejecutaba en su mayoría las actividades de amarre de acero y trabajaba con ayuda de dos auxiliares.

Fabián (auxiliar): tenía buenos conocimientos en aceros, trabajaba con Luis y Alex por lo general aunque también ayudaba en la labor de encofrado.

Julián (auxiliar): colaboraba con las actividades de encofrado, alcanzando y sosteniendo equipo y material.

Carlos (auxiliar): su labor estaba presente en alcanzar los equipos, materiales y herramientas necesarias, no mostraba gran experiencia en el trabajo y su cansancio físico era notorio.

De esta contratación se puede resaltar la mayor organización de los trabajos designados y la dirección adecuada a los auxiliares, contaban con experiencia pero la motivación disminuía por la falta de presencia constante del maestro contratante. La vinculación de un auxiliar adicional solicitado por el oficial Antonio se realizó en los siguientes días.

Osvaldo (auxiliar): era el apoyo del oficial Antonio en la mayoría de labores, este también estaba a cargo de facilitar un poco el trabajo del auxiliar Carlos.

Luego del primer corte quincenal los resultados no fueron los esperados y el contratista se vio obligado a disminuir el número de personal de la cuadrilla por un personal excesivo en relación con las actividades ejecutadas, quedando así conformada una cuadrilla final de un oficial y 3 auxiliares. Los cuales eran Antonio, Osvaldo, Luis y un nuevo integrante a la cuadrilla. A partir de este momento el maestro general salió de la contratación y no fue posible comunicarse con el nuevamente.

Jairo (auxiliar): trabajador activo con poca experiencia en el campo encargado de suplir la ausencia de Carlos en cual no regreso al trabajo.

En las últimas semanas y por afán de llegadas las festividades decembrinas la cuadrilla incorporo un segundo oficial aumentado el rendimiento; pero el comienzo de fechas especiales y el afán por terminar el trabajo empezó a aumentar los errores en las actividades de apuntalamiento y la obligación de re trabajos, esto también fue debido al cambio de equipo para realizar la actividad de encofrado, dado que no se pudo utilizar testers metálicos por la seguridad de la zona.

Oficial nuevo: familiar del oficial a cargo cumplía diferentes labores y apoyaba el trabajo del oficial Antonio en actividades paralelas.

De la identificación de cuadrillas se pudo interpretar como se hizo uso del reciclaje de personal trayendo trabajadores con experiencia adquirida de otras obras similares, por lo general mostraban un conocimiento tácito en cada una de las cuadrillas, como por ejemplo en la forma de formatear y apuntalar para la fundición y amarre del acero, teniendo cada individuo su propia forma de hacer cada una de las actividades. Otro gran indicativo puede ser la alteración en la curva de aprendizaje debido al constante cambio de la mano de obra, permitiendo cometer errores de trabajo ya realizados por cuadrillas anteriores.

6.3 DETERMINACIÓN DEL FLUJO DE TRABAJO

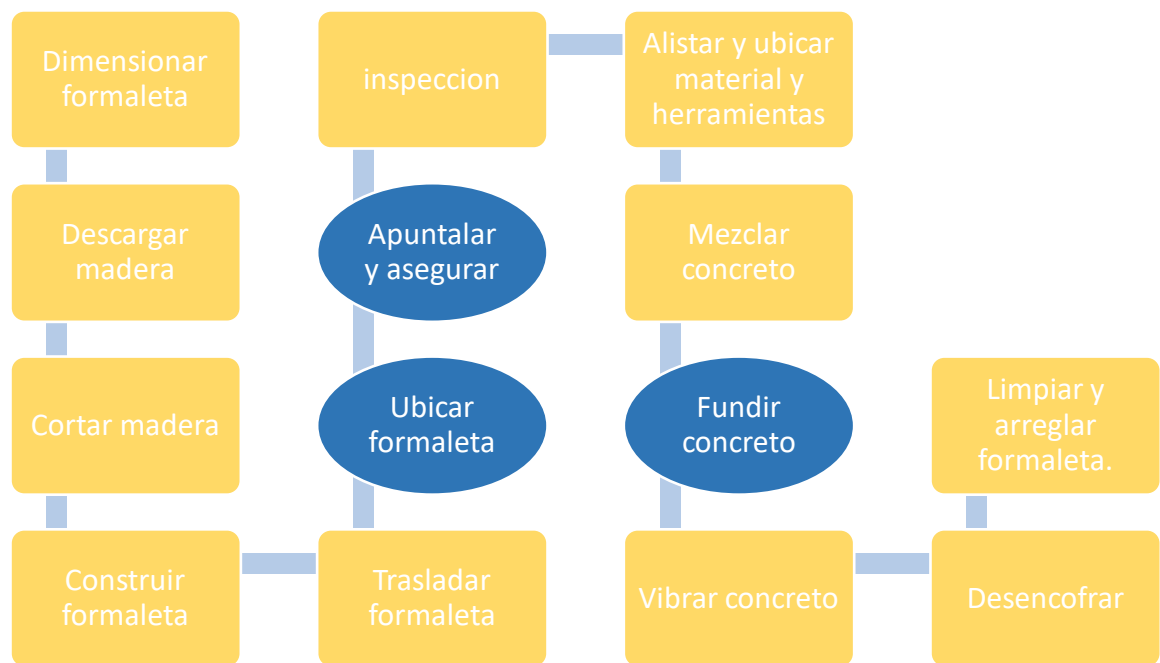
Según la filosofía Lean el reconocimiento de los flujos de valor es indispensable para realizar las mejoras de eficiencia, no solo con la identificación y eliminación de la perdidas sino con el aprendizaje de un proceso repetitivo con menos errores y mayor conocimiento de la realización de actividades, por esto este flujo debe ser muy específico y contener toda actividad necesaria para la producción, es así como se determinan los flujos de valor de las principales actividades de mano de obra dentro del proyecto.

Conociendo que los flujos están constituidos por trabajos productivos, contributivos se va a resaltar cada una de estas clasificaciones con color azul para trabajo productivo y amarillo para trabajo contributivo.

6.3.1 Fundición de concretos

En el proceso de fundición de concretos se ven incluidas muchas actividades, esto teniendo en cuenta que para esto es necesario la realización de actividades antecesoras y procesos complementarios (amarre de acero), este no solo comienza desde la recepción del materia sino de una adecuación de la zona de trabajo debido a la necesidad de un molde que defina las características geométricas del elemento.

Figura 3. Diagrama de flujo para fundición de concretos

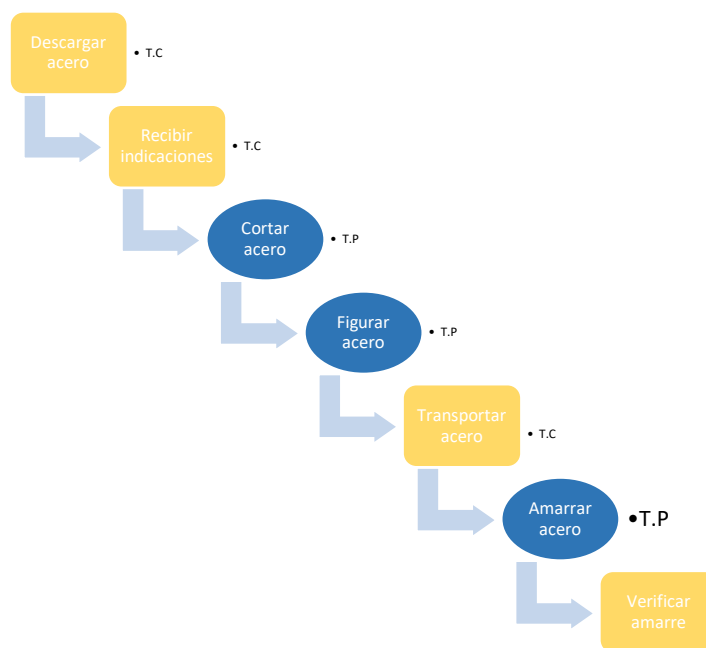


Este flujo puede ser modificado en la cuestión de que una forma de disminuir el número de actividades presentes y la simplificación del proceso es la utilización de formaleta estandarizada que pueda ser usada en la construcción de los siguientes elementos, esto ayuda a que los procesos sean más fáciles de entender y disminuye la presencia de errores presentes.

6.3.2 Amarre de acero

El amarrar acero es necesario y genera valor al producto en el grado que aumenta su calidad en resistencia, aunque esta es una actividad que complementaria a la fundición de concretos, es tomada como un proceso diferente a la fundición en el grado de que los trabajos son pagos de manera independiente. Sin embargo, estos se desarrollan en paralelo, esto permite que las faenas del proceso de construcción de una no interfieren en la realización de las actividades de la otra, este inicia con anterioridad desde una planeación que permita conocer la cantidad y la modificación que debe realizarse al producto antes de disponerlo para el siguiente proceso.

Figura 4. Diagrama de flujo de figurado de acero



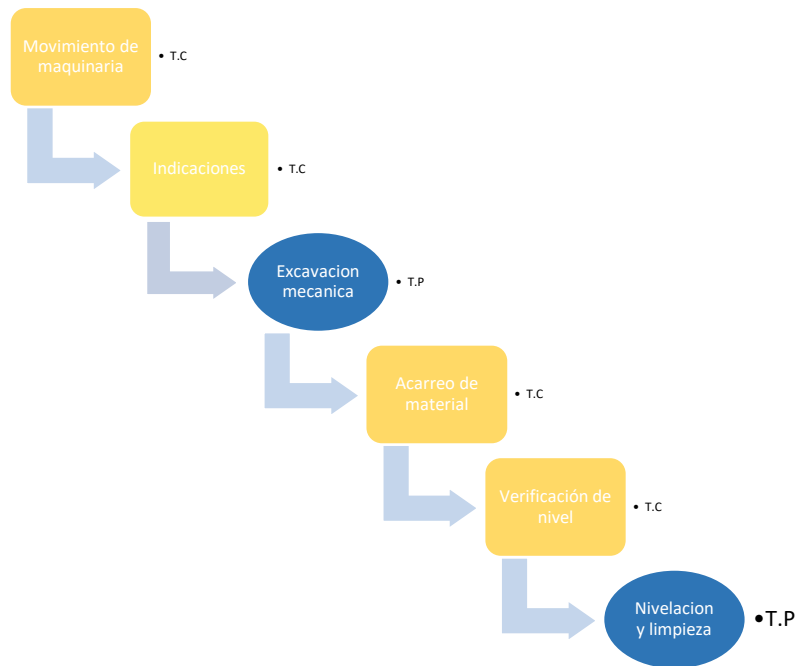
En este proceso existen dos actividades que se modifican de acuerdo a las necesidades, por lo que su productividad es muy variable, esto debido a que no todos los elementos que necesitan de acero o concreto reforzado son iguales, hay elementos que necesitan cortes de acero omitiendo el figurado (modificación de la estructura geométrica de la varilla) y otros complejos que no solo necesita más modificaciones, sino que el diámetro de la varilla representa mayores complicaciones.

6.3.3 Excavación mecánica

Esta excavación es la realizada por maquinaria como Retro-excavadora o similares, para esta el personal humano es muy mínimo por lo general es la presencia de un

maestro indicando cuales son la dimensiones necesarias y el nivel deseado, este proceso suele ser uno de los más simples y debe ser controlado el buen funcionamiento de los equipos, ya que de ahí es donde se podría producir la mayor generación de perdidas, la pericia del operario es otro factor importante en estos caso debido que entre menor sea el re trabajo mayor será la productividad.

Figura 5. Diagrama de flujo de excavación mecánica



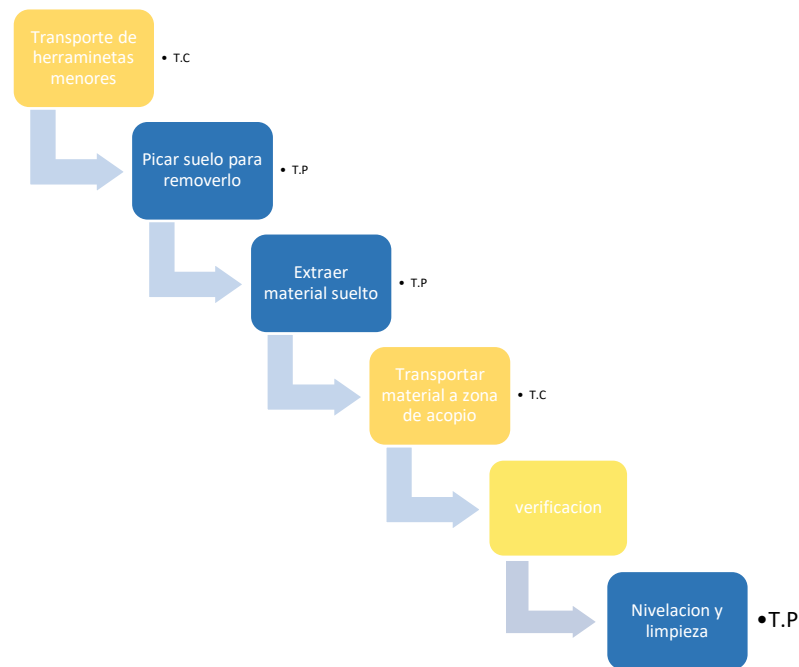
La realización de excavaciones por método mecánico es muy útil para la reducción de tiempos, pero el aumento del costo es también significativo, por esto la realización de excavación mecánica debería ser para grandes movimientos de tierra donde el costo sea justificado.

6.3.4 Excavación manual

La excavación manual es una actividad con mayor precisión que la excavación mecánica, esta suele tener un mayor número de personal que al realizarse con maquinaria y de igual manera que la excavación mecánica su simplicidad permite que las perdidas sean evitadas con el uso de herramientas adecuadas y en buen estado, por lo general no es necesaria más herramienta que una pica, una pala y un bogue. Esta suele hacerse luego de que ya se ha realizado la excavación

mecánica realizando el mayor movimiento de tierra y así procediendo a realizar sustracción de material que por el tamaño de la maquina solo puede ser realizada la mano de obra y el uso de equipos de menor tamaño.

Figura 6. Diagrama de flujo de excavación manual

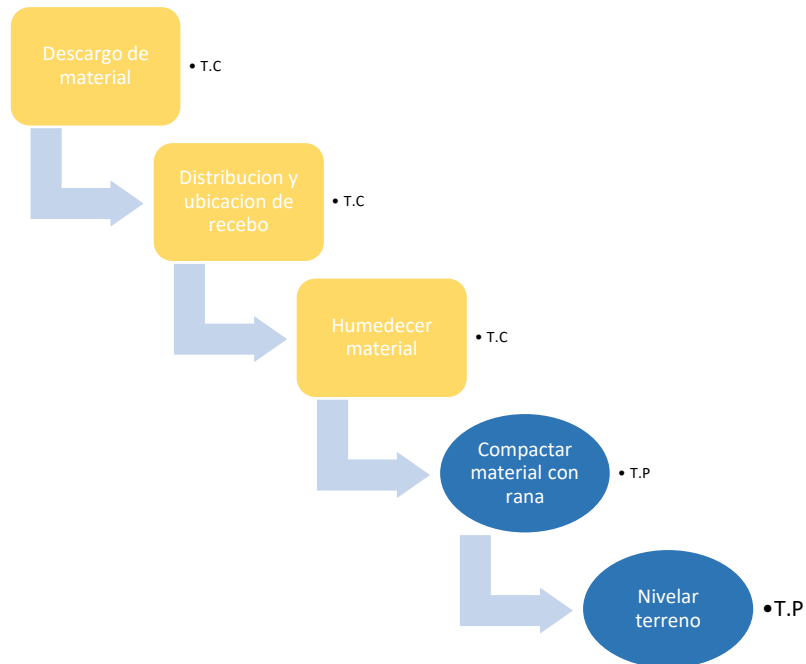


Aunque este proceso suele ser muy simple y con poca presencia de errores, si es necesario que se haya realizado una correcta planeación del trabajo, esto con respecto a que muchas veces esta se realiza en lugares muy pequeños con el fin de introducir o construir nuevos elementos dentro o sobre las excavaciones, entonces una excavación muy grande puede llevar a costos innecesarios y excavaciones muy pequeñas pueden representar demoras en procesos futuros, por ejemplo dificultar la extracción de camilla o la dificultad de realización de otras actividades como amarre por falta de espacio.

6.3.5 Compactación de material seleccionado (Recebo)

Esta actividad es necesaria con el fin de mejorar el terreno donde se va a construir el nuevo elemento, el personal necesario para realizar el proceso puede ser realizado por dos trabajadores y su duración depende en mayoría de las herramientas utilizadas y el acceso a las zonas de trabajo.

Figura 7. Diagrama de flujo compactación de material seleccionado



Al igual que la excavación, la compactación suele ser un proceso muy simple y de fácil realización, una de las pérdidas se puede presentar por las demoras del material o por el mal funcionamiento del equipo compactador, el personal necesario no es muy grande y se puede disminuir bastante el tiempo con una buena organización de materiales como de herramientas, evitando los traslados muy grandes y el acarreo de material.

Dentro de los procesos no están mencionados pero se encuentran presentes actividades que generan despilfarro pero que no son parte del flujo esto también es ocasionado por la complejidad de las labores por esto es necesario que cada flujo de trabajo se simplifique lo mayor posible sin afectar el producto.

6.4 DEFINICIÓN DE FORMATO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Al comienzo de una nueva labor que no se ha planeado, suele tener bastante improvisación y el desarrollo del proceso va a ser variado y con muchas pérdidas; pero luego de la realización repetida de una actividad, el personal asume trabajos propios dentro del proceso, reconociendo que actividades son necesarias para cumplir con el objetivo, quien desempeña mejor ciertas labores y cuál es la forma de realizar el menor esfuerzo para su desarrollo.

El formato para el registro de actividades es el siguiente:

[illegible]

La utilización del este formato además de facilitar la anotación de los datos del día de trabajo permite llevar un orden cronológico en la información de cómo se desarrollan las actividades por lo cual trata de asemejarse a una cartas de procesos dando como resultado la secuencia y participación de los diferentes movimientos dentro de la obra.

52

7. SEGUIMIENTO Y SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

El seguimiento de los procesos y desarrollo de las actividades permite realizar mejoras continuas, esto tiene como finalidad la verificación de que todo se desarrolle según lo planeado y facilita la oportuna corrección de deficiencias en los procesos, por esto se necesita de un método que permita recoger la información necesaria para identificar las medidas necesarias y decisiones correctas dentro de ejecución de obras. Para esto ya se encuentran estipulados una metodología y unos formatos que permiten el desarrollo de este capítulo.

7.1 AMBIENTE LABORAL EN LAS CUADRILLAS DE TRABAJO

En la toma de datos se reconoció actitudes del personal y el entorno laboral de las cuadrillas de trabajo, teniendo en cuenta el ser humano y su forma de actuar como influye para que las condiciones de trabajo sean las más aptas, de esto se pudo reconocer como la comunicación, el interés de los involucrados, la motivación, la capacitación e incluso el carácter de las personas puede afectar en el rendimiento de trabajo.

De las tres cuadrillas de trabajo se puede resaltar ciertas diferencias en cuestión del ambiente laboral, por ejemplo de la primera cuadrilla podemos concluir que la falta de experiencia y liderazgo llevaba a incurrir pérdidas por necesidad de aprobación y consentimiento de cada acción realizada, mostrando como en un sistema donde todas las decisiones deben ser tomadas por los cargos especializados contribuye con la generación de demoras en los procesos y disminución a la eficiencia. Por esto como lo menciona Alarcón²⁶. Dentro de los procesos un grupo de trabajo con el conocimiento y la capacidad de tomar decisiones desde las ramas más bajas de los procesos, disminuye considerablemente las pérdidas por delegación de trabajo.

De la segunda cuadrilla se observó como la motivación puede mejorar el ambiente considerablemente, con respecto a la primera cuadrilla, en la cual su remuneración era por día laboral, esta siguiente cuadrilla recibía el pago por los elementos contruidos, lo que disminuía los tiempos en la ejecución de cada elemento, de esta cuadrilla también hay que resaltar que la participación activa por parte de los maestros generales impulsaban a mejorar el rendimiento del resto de trabajadores.

²⁶ ALARCÓN, Luis. Camino a la Excelencia en Gestión de Proyectos, (Apuntes de clase) [En línea]. [Chile, Santiago de Chile]: Universidad Católica de Chile, [citado el 30 may., 2018]. Semana 3, video: Integrated Project Delivery. Disponible en la web: <<https://www.coursera.org/learn/camino-excelencia-gestion-proyectos/lecture/AeHri/integrated-project-delivery>>

Con la tercera cuadrilla se observó como la organización y delegación de trabajo era algo ya adquirido en otras experiencias laborales; pero al disminuir la cuadrilla de trabajo se demostró la carencia de planeación por parte del maestro, además de la concurrencia de errores por afanes y la presión de cumplimiento de metas antes del cierre de obra.

7.2 ROTACIÓN DEL PERSONAL

“La rotación del personal es el retiro voluntario e involuntario permanente de una organización. Puede ser un problema, debido a los costos del reclutamiento, de selección, de capacitación y de los trastornos laborales. No se puede eliminar pero se puede minimizar, sobre todo entre los empleados con alto nivel de desempeño y de los difíciles de remplazar,”²⁷ como lo expuesto por el autor la rotación de personal es negativo desde el punto de vista de la empresa, no solo por los gastos adicionales que puede adquirir al empresa por nuevas incorporaciones, sino que adicionalmente hay que tener en cuenta como la productividad y el entorno laboral se puede ver involucrado por falta de continuidad en el trabajo.

Este factor en cuestión fue tenido en cuenta debido a su gran presencia en la obra, ya que el objeto de estudio presento tres cambios de cuadrilla en un periodo muy corto lo que puede ser influyente en la baja productividad en la construcción, por esto se tuvo en cuenta autores como PIANINI, HERRERA Y ELIZONDO²⁸ que estudiaron más a fondo el tema de la rotación de personal en la industria de la construcción, en el estudio realizado se buscó idéntica que tan influyente era el cambio de personal con respecto a la productividad y eficiencia que contaba la empresa para esto se realizaron encuestas tomando 17 empresa como muestras donde se determinó la importancia del objeto de estudio.

Según PIANINI, HERRERA Y ELIZONDO²⁹ la causal más relevante de la rotación era el salario del personal con un 28,41% lo cual confirma lo sucedido en el desarrollo de la obra donde este fue una de las principales razones por lo cual existió rotaciones posteriores, en otros indicadores se muestra como el 76,47% de los

²⁷ ROBBINS, S. Administración. México. Pearson Educación, citado por PIANINI, Ana; HERRERA, Nora & ELIZONDO, María. El impacto de la Rotación de Personal en las empresas constructoras del estado de Nuevo León. En: revista de la Facultad de Arquitectura Universidad Autónoma de Nuevo León, 2011, no 5, p. 85.

²⁸ PIANINI, Ana; HERRERA, Nora & ELIZONDO, María. El impacto de la Rotación de Personal en las empresas constructoras del estado de Nuevo León. En: revista de la Facultad de Arquitectura Universidad Autónoma de Nuevo León, 2011, no 5, p. 83-91.

²⁹ PIANINI, Ana; HERRERA, Nora & ELIZONDO, María. El impacto de la Rotación de Personal en las empresas constructoras del estado de Nuevo León. En: revista de la Facultad de Arquitectura Universidad Autónoma de Nuevo León, 2011, no 5, p.89.

encuestados afirman tener problemas por la rotación y retrasos, con respecto a lo mencionado y por lo que se puede observar que no es caso ajeno que la productividad en la construcción de las alcantarillas en este estudio se haya visto afecta al final de cada cambio de cuadrillas, donde su rendimiento al comenzar labores era mayor que al terminar contratos, caso contrario que con la última cuadrilla de trabajo que permaneció en mayor tiempo en la ejecución de la obra.

7.3 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

El registro de actividad se comenzó el día 06 de octubre del 2017 y finalizo el día 27 de diciembre del 2017, tomando como referencia la construcción de tres alcantarillas sencillas, una alcantarilla doble, 50 metros lineales de muro de contención y una ampliación de 5 metros lineales de box culvert. Toda la información recolectada se digitalizo en Excel para su posterior análisis y procesamiento para determinar la eficiencia y productividad en la ejecución de las obras, un ejemplo de la toma de datos del día 10 de octubre se mostrara a continuación pero debido a su volumen el resto de la información se encuentra presente en el anexo A.

Tabla 2. Seguimiento de actividades del día 10 de octubre del 2017

MEDICIÓN					
Inicio		Fin		Clasificación	Descripción
Hora	Min	Hora	Min		
7	0	7	10	RI	CAMBIO DE ROPA
7	10	7	27	TP	MAESTRO CORTA ALAMBRE PARA AMARRE
7	15	7	20	T	LLEGA FABIAN A CAMBIARSE
7	21	7	28	TE	BAJA CARLOS CON LAS HERRAMIENTAS
7	27	7	30	TE	DESCRAGAN 8 VARILLAS (MAESTRO Y FABIAN)
7	31	7	36	T	BAJAN (MAESTRO Y FABIAN)
7	40	7	49	TP	FIGURAN ACERO (MAESTRO Y CARLOS)
7	38	8	12	T	FABIAN SUBE AL CAMPAMENTO
7	49	8	21	TP	AMARRAN ACERO (MAESTRO Y CARLOS)
8	12	8	16	TE	FABIAN DESCARGA MADERA
8	17	8	27	PT	APLICACIÓN DE ACEITE A LA MADERA (FABIAN)
8	21	8	25	T	CARLOS RECOGEN PIEDRA
8	21	8	27	PT	ING RESIDENTE DA INDICACIONES AL MAESTRO.

8	27	12	0		TP	CORTAR ACERO Y AMARRAR (MAESTRO Y CARLOS)
8	32	8	42		T	FABIAN SUBE POR MATERIAL
8	42	9	5		TE	ALCANZAR ACERO
9	5	9	15		T	SUBIR MATERIAL AL CAMPAMENTO
9	34	9	47		TP	DISPONEN TABLA DE FORMALETA (FABIAN Y CARLOS)
9	47	9	51		TP	FABIAN CORTA VARILLAS
9	51	9	56		TP	FABIAN CORTA VARILLON DE MADERA
9	57	10	27		TE	FABIAN Y CARLOS ALCANZAN MATERIAL
10	27	10	45		T	FABIAN SUBE AL CAMPAMENTO POR AGUA
10	40	10	42		TP	CARLOS CORTA VARILLON DE MADERA
10	45	12	3		TP	FORMALETEAR
11	1	11	3		TP	CARLOS CORTA VARILLA
11	28	11	37		TE	FABIAN BAJA MADERA
11	40	12	3		TE	FABIAN AYUDA A DESCARGAR
12	3	1	30			ALMUERZO
1	30	5	5		TP	FORMALETEAR
1	41	1	51		TP	FABIAN Y CARLOS CORTAN MADERA
1	51	1	53		O	FABIAN TOMA AGUA
1	55	1	58		PT	APLICAR ACEITE A DOS TABLAS DE FORMALETA (FABIAN)
2	6	2	37		E	SE ACABA MADERA DE FORMALETA
2	39	2	43		PT	APLICAR ACEITE A TABLAS DE FORMALETA (FABIAN)
2	37	3	24		TE	BAJAR MATERIAL EN OBRA Y CAMPAMENTO (CARLOS)
3	10	3	19		TP	CORTAR VARILLON DE MADERA (FABIAN)
3	24	3	30		O	HIDRATACION TODO EL GRUPO
4	1	4	3		TP	CORTAR MADERA (FABIAN)
4	36	4	42		T	CARLOS AYUDA DE CADENERO
4	50	5	20		RH	RECOGEN MATERIAL (CARLOS Y FABIAN)
5	5	5	20		RH	MAESTRO AYUDA A RECOGER MATERIAL.
5	20	5	27		T	SE TRASLADAN AL CAMPAMENTO
5	27	5	37		RI	CABIO DE ROPA Y SALIDA.

OBSERVACIONES: ENTRE EL DIA LUNES Y MARTES SE FORMALETEO 24m² DE MURO, SE OBSERVO QUE LA ACTITUD DEL MAESTRO ES REALIZAR LA UBICACIÓN DE LA FORMALETA Y LOS AYUDANTES LE ALCANZAN Y CORTAN LA MADERA QUE NECESITA. PARA ESTOS DOS DIAS SE HAN TRABAJADO 3 MESTROS CUBICOS.

Como se observa en la tabla la información ya se encuentra completamente digitalizada y organizada según el anexo A, y adicional al formato de recolección se le asignó la respectiva clasificación de trabajo que permite un análisis inicial mostrando la presencia de actividades no contributivas resaltadas con color rojo, las cuales deben ser eliminadas ya que no generan valor al producto.

8. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Ya teniendo la información recolecta y digitalizada en Microsoft Excel (2013) se procedió buscar las herramientas que permitieran conocer cómo era la eficiencia y el tipo de trabajo dentro del proyecto, para esto se realizaron cartas de proceso de la mano de obra, se determinaron los tiempos productivos, tiempos contributivos y tiempos no contributivos, y finalmente se organizó la información de los productos realizados en el día a día.


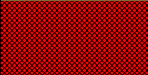




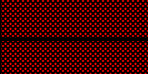



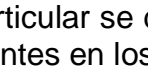
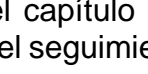
8.1 RECONOCIMIENTO DE PÉRDIDAS EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO

El día que mayores pérdidas se encontraron fue el día 17 de Octubre, esto por causa de defectos de calidad ya que el producto no cumplía con las propiedades necesarias que satisficieran al cliente y fue necesario la reconstrucción de una caja de entrada de la primera alcantarillas sencilla, este día se presentó un porcentaje del trabajo no contributivo del 67% y un 33% de trabajo contributivo, siendo un día laboral de 9 horas de trabajo en el que no se le dio ningún valor a los productos a entregar. Lo que evidenciamos en la carta de proceso es lo expuesto por autores como Serpell³⁰ en sus estudios realizados en Chile y Botero³¹ con los estudios realizados en Medellín, Colombia, las mudas tipo 2 o pérdidas se encuentran muy marcadas en la construcción latinoamericana, para este caso en particular encontramos los re-trabajos ocasionados por productos finales con poco valor, esto puede ser debido a varios factores; pero podemos mencionar con base a la filosofía Lean, que uno de los errores cometidos fue el no tener en cuenta cual era el valor del producto desde el punto de vista del cliente, ya que la alcantarilla presentaba buenos materiales, era funcional y su construcción tenía la correcta composición para su durabilidad; pero lo que ocasiono la falta satisfacción del producto fue su geometría y parte estética, presentando inconformidad y rechazo por la estructura.

³⁰ SERPELL, Alfredo. Administración de Operaciones de Construcción. 2 ed. Santiago de Chile: Alfaomega, 2002. P.37. ISBN 958-68-2451-9.

³¹ BOTERO, Luis y ALVAREZ, Martha. Identificación de Pérdidas en el Proceso Productivo de la Construcción. En: REVISTA Universidad EAFIT. Abril, 2003. Vol. 39, no. 130. p. 70.

Tabla 3. Carta de proceso del día 17 de noviembre

cartas de proceso		Nº personas	Tipo de Trabajo
	RI	5	tc
	RI	5	tc
	T	5	tnc
	T	5	tnc
	RI	5	tc
	CD	1	tnc
	CD	2	tnc
	PT	2	tc
	TE	2	tc
	O	3	tnc
	O	2	tnc
	O	1	tnc
	CD	5	tnc
	CD	3	tnc
	TE	1	tc
	TE	2	tc
	PT	3	tc
	CD	4	tnc
	TE	1	tc

De cada día en particular se desarrolló su carta de proceso con el fin de identificar sus pérdidas presentes en los procesos, para esto se trabó sobre la información ya sistematizada en el capítulo anterior y se determinaron las cantidades de mudas tipo 1 y tipo dos en el seguimiento, toda la información complementaria se encuentra en el anexo B.

8.1.1 Análisis general del trabajo

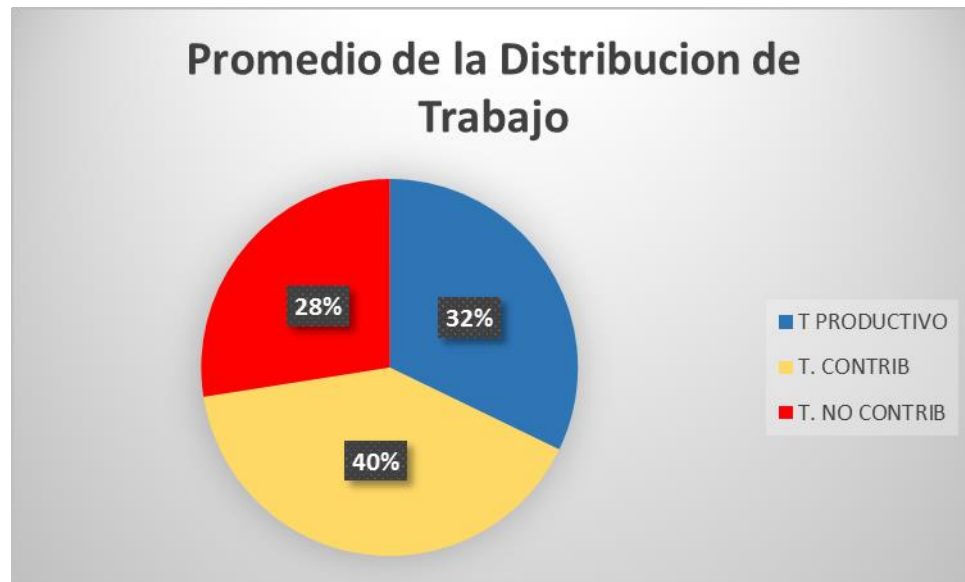
Teniendo en cuenta la medición de trabajo realizado en todo el estudio, promediando los porcentajes de trabajo productivo, contributivo y no contributivo de se observó que como lo expuso Serpell³² en Chile y Botero³³ en Colombia en la medición de la productividad de diferente obras de construcción, que el tiempo

³² Ibid., p. 53.

³³ Ibid., p. 54.

presente en pérdidas implica un gran porcentaje del día laboral lo cual se puede evidenciar en la siguiente gráfica.

Figura 9. Distribución porcentual del trabajo promedio de seguimiento



Para ser actividades que no se les daba importancia en el mejoramiento de los procesos constructivos están muy presentes en el transcurso de la obra, teniendo en cuenta su porcentaje, La filosofía Lean busca entonces por medio de herramientas que permiten identificar las pérdidas y mejor los procesos ya descritos, eliminando dichos desperdicios que no generan valor a los productos antes de comenzar a disminuir tiempos en la producción con nuevos métodos que reduzcan los tiempos contributivos.

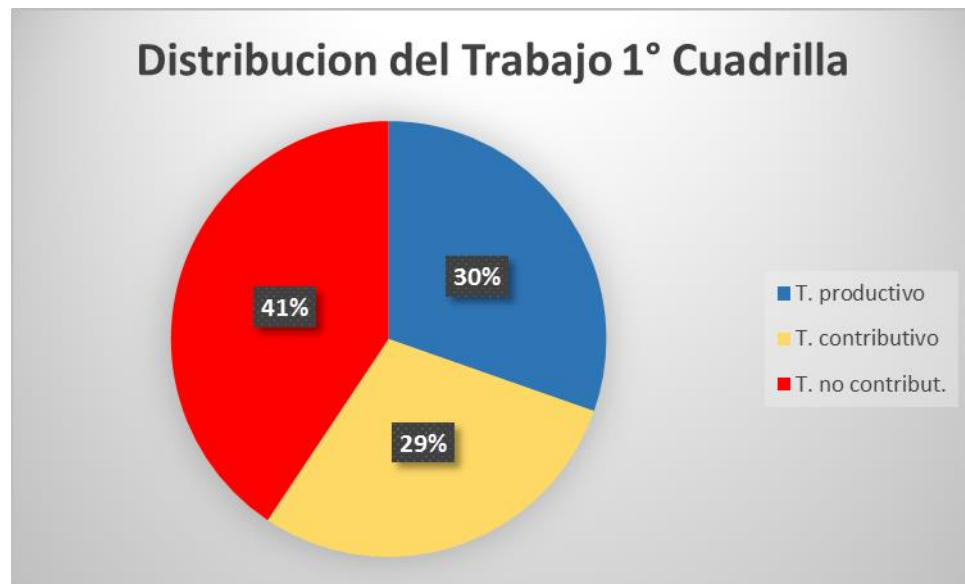
8.1.2 Análisis por cuadrillas

Después de realizado el procesamiento general de la información encontrada en obra, además teniendo en cuenta como se conformaron las cuadrillas de trabajo y las modificaciones que existieron del personal, se segregó la información en base a esto, para contener la datos procesados por cuadrillas de trabajo para una posterior comparación.

Cuadrilla del 6 de octubre al 17 de octubre: de la primera cuadrilla de trabajo se observó su alto porcentaje de trabajo no contributivo el cual se debió a factores ya mencionados de esta cuadrilla en particular, donde se evidencio la falta de

experiencia y conocimientos que ocasionaron una alta presencia de pérdidas dentro de los procesos de construcción.

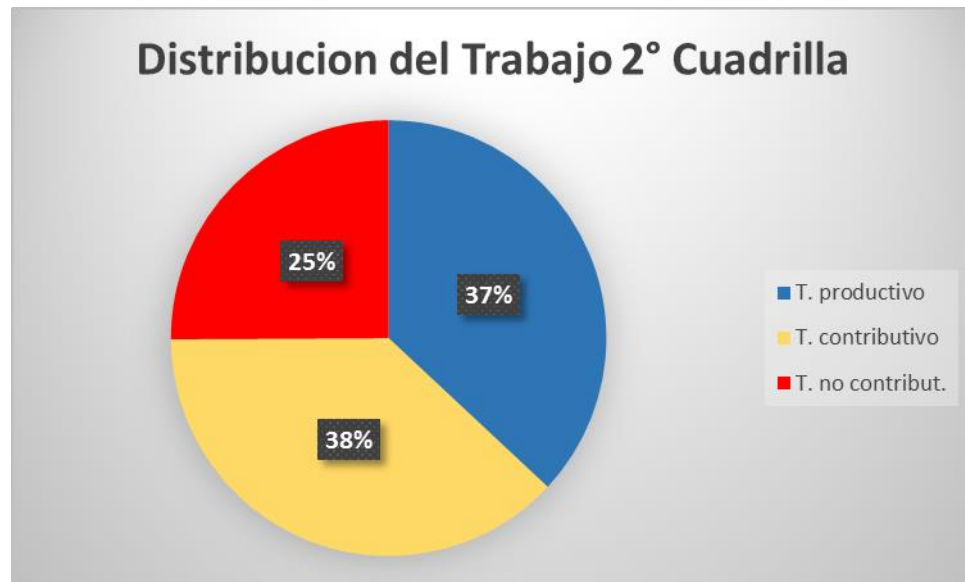
Figura 10. Distribución porcentual del trabajo promedio de la 1° cuadrilla



Hubo muchos factores que pudieron influir el exceso de pérdidas en la cuadrilla, en esta se tiene en cuenta la flexibilidad de la cuadrilla, la falta de experiencia y liderazgo a la ausencia de un maestro, clima laboral inadecuado y la presencia de re-trabajo. Con base a esta información la decisión de cambio de cuadrilla en este instante fue la más adecuada.

Cuadrilla del 18 de octubre al 10 de noviembre: Para la segunda cuadrilla se reconoció una gran disminución del trabajo no contributivo, una de las primeras observaciones realizadas en el seguimiento fue la presencia de la experiencia en las labores realizadas y como segunda observación se notó mejora del ambiente laboral motivado por el aumento de construcción de elementos por una mayor remuneración, la presencia continua y trabajo de los maestros contratante, lo cual reflejo en el mayor porcentaje de trabajo productivo dentro de la obra, esto no solo se notó en los números sino en el campo, donde las esperas por material fueron las de mayor presencia de pérdidas como se pueden observar en las cartas de proceso.

Figura 11. Distribución porcentual del trabajo promedio de la 2° cuadrilla

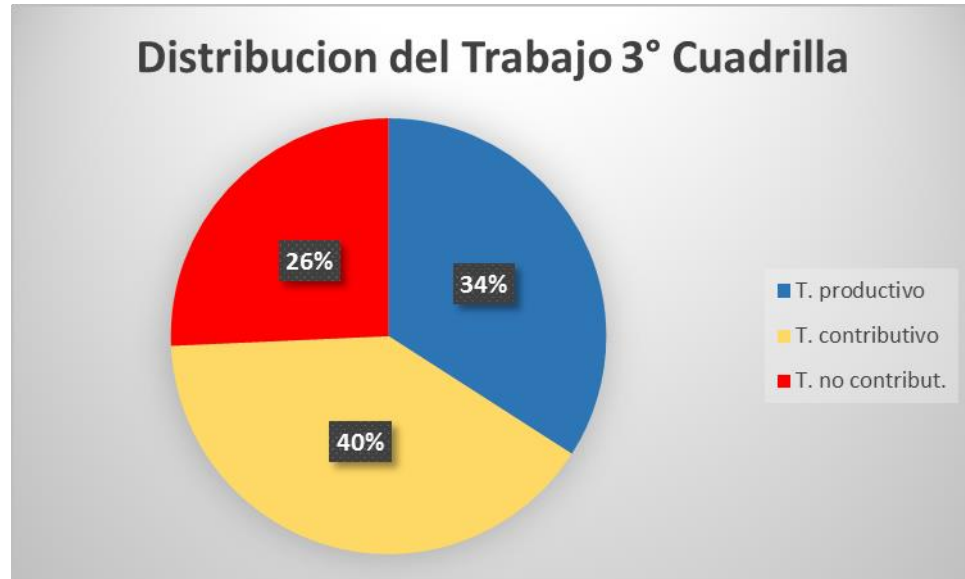


De este análisis se empieza a observar algo interesante que ya había sido mencionado por Serpell³⁴ en su libro administración de operaciones, en el cual con base en estudio de diferentes obras en Chile observo como la extensión o tamaño de las obras influenciaba en la presencia del trabajo contributivo, los inconvenientes como tener que almacenar material lejos de la ejecución de la obra genera mayores tiempos en traslados de material, herramienta y personal, utilizado gran parte del tiempo en estos movimientos.

Cuadrilla del 14 al 25 noviembre: En esta cuadrilla es posible observar un pequeño aumento en el Trabajo no contributivo en comparación con la anterior cuadrilla, esto pudo ser debido al personal de trabajo numeroso y solo un frente de trabajo, ya que esto implica que el personal encontrara momentos de ocio a la ausencia de delegación de trabajo. Como ya se había mencionado de esta cuadrilla se presentó la mejor estandarización de procesos con una delegación de trabajo adecuada y división de sub-cuadrillas.

³⁴ SERPELL. Op. cit., p. 54.

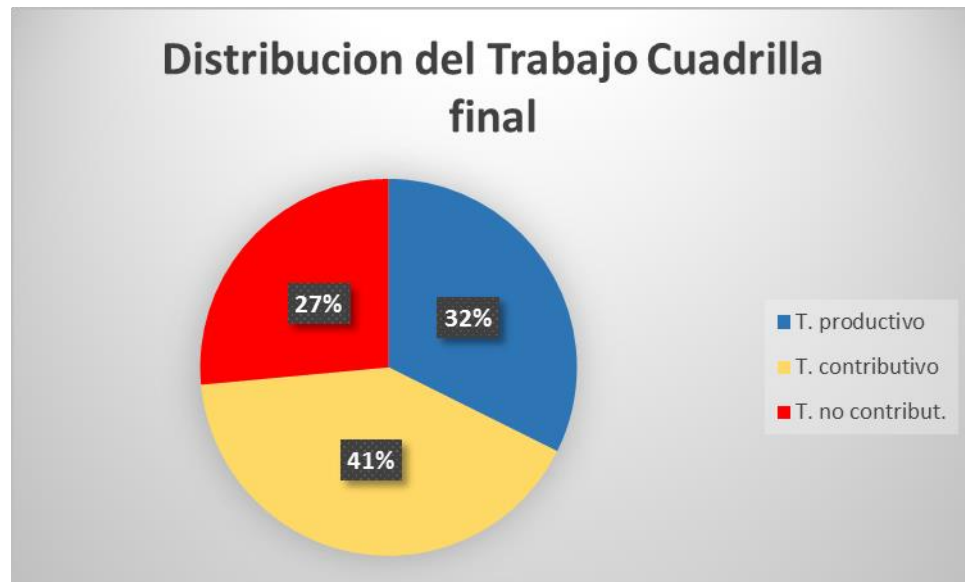
Figura 12. Distribución porcentual del trabajo promedio de la 3° cuadrilla



Al igual que la cuadrilla anterior esta conto con un alto porcentaje de trabajo productivo, lo que implica que una organización adecuada del trabajo y la delegación de actividades dentro del desarrollo de la construcción permite usar mejor los recursos.

Cuadrilla del 25 de noviembre al 27 de diciembre: con la disminución de la cuadrilla, lo que más se noto fue el aumento del trabajo contributivo y la disminución del trabajo productivo, esto pudo ocurrir debido a la disminución del personal, ya que las sub cuadrillas desaparecieron y que el trabajo contributivo fue ejecutado por las mismas personas que hacen el trabajo productivo. Los valores altos de trabajo contributivo apoyan con más fuerza lo expuesto de que el tamaño de la obra en área, aumenta el transporte de material y el trabajo contributivo.

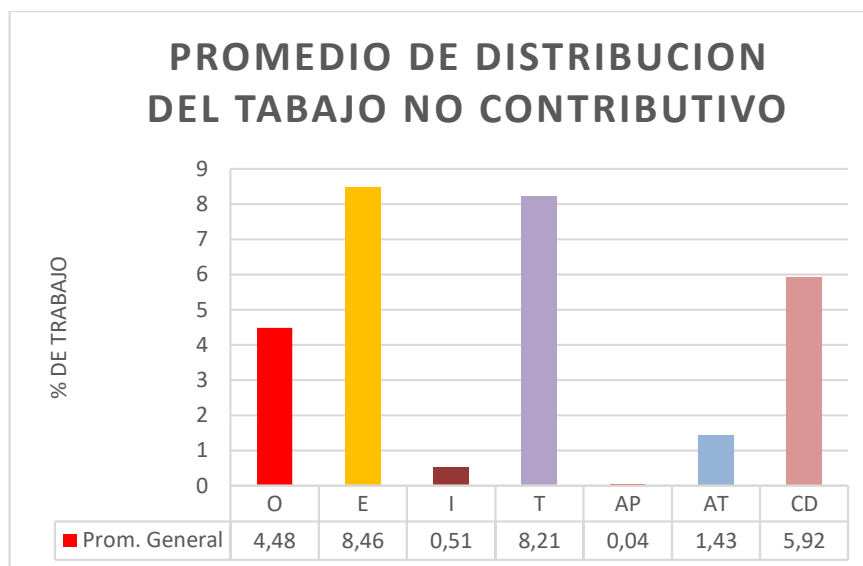
Figura 13. Distribución porcentual del trabajo promedio de la cuadrilla final



8.1.3 Distribución del trabajo no contributivo (pérdidas)

Otra forma de tener la información organizada para un análisis es la distribución de las pérdidas, así se pueden reconocer cuales son las principales fuentes donde se originan estas mudas tipo 2 dentro de los procesos, a continuación se promedian la distribución con el fin de reconocer las principales fuentes de desperdicio, la siguiente grafica representa el porcentaje real de cada fuente de pérdida de acuerdo al total de trabajo realizado teniendo en cuenta que, según la figura 9 el promedio de trabajo no contributivo en el promedio general es de 28 por ciento de la clasificación del trabajo realizado.

Figura 14. Distribución del trabajo no contributivo del estudio



Como se observa en la gráfica anterior la actividad que más pérdidas representa en el promedio general de los procesos son las esperas, estas por lo general son ocasionadas por el terminación de material o por falta de indicaciones, la segunda actividad que genero más pérdidas fue los traslados, que se deben a que el proyecto cuenta con un área extensa de trabajo y si no se organiza la forma de trabajar el traer una herramienta o ir a buscar una confirmación significa pérdidas de tiempo en traslados innecesarios, por último se tiene la actividad de corrección de trabajo, lo que indica que dentro del proyecto hubo demasiados re-trabajos; con un porcentaje alto también se tiene el ocio dentro de las pérdidas, lo que indica que también, las distracciones o eventos ajenos al proyecto formaron parte de las pérdidas en el trabajo.

8.1.4 El ambiente laboral como factor generador de pérdidas

La medición se ve afectada debido al constante cambio de personal, ya que el tiempo que se puede analizar el trabajador es muy poco, igualmente se encontró como algunos aspectos se deben tener en cuenta en el transcurso de la obra por ejemplo el ritmo de trabajo que en algunas ocasiones pasaron las 55 horas semanales afectando el estado físico del trabajador y generando desconformidad por la ausencia de remuneración en estos casos, esto cambio la actitud hacia el trabajo ya que promovía inconvenientes por el exceso de horas de trabajo. La constante corrección de trabajo y las esperas por material fueron otros factores que generaban una actitud negativa por parte de los maestros e ingeniero residente,

debido a que este aspecto no fomento una buena relación por insatisfacción de los productos y el trato.

Los otros aspectos no fueron muy tenidos en cuenta, pero hubo cosas a destacar como la tipicidad del trabajo no influyó positivamente en el proyecto debido al cambio constante de personal, que la organización y limpieza no estuvo presente en todas las cuadrillas y con excepción de unos pocos días el clima no detuvo la ejecución de trabajo, sin embargo si presento inconvenientes con los desplazamientos por terreno lodoso.

Dentro del ambiente laboral es muy importante reconocer la actitud que presenta el ingeniero residente en el proyecto, ya que este es el canal entre las necesidades del cliente, el correcto desempeño de los trabajadores, las necesidades del trabajador para una buena ejecución, y que se defina el valor del producto, por esto la presencia de líder comunicador y habilidades de respuesta inmediata es necesario en la ejecución de este cargo.

8.2 DETERMINAR LA EFICIENCIA EN EL TRABAJO

Teniendo en cuenta lo expuesto en el capítulo de Eficiencia en el trabajo y alineado con la filosofía Lean también se puede conocer que problemas pueden generar pérdidas desde el punto de vista de la administración de materiales, los inventarios pueden presentar grandes desperdicios dentro de la obra, debido a que pueden existir problemas de pérdidas en los procesos, robos del material o disminución de la cálidas de los insumos por largos tiempos de acopio como sucedió el 8 de octubre con la perdidas de varillas dentro de la obra. Otro problema que se presenta son los tiempos de adquisición del material, ya que determinados materiales, sobre todo los productos terminados suelen tener un largo periodo de entrega lo que hace de mayor importancia a un pedido con anticipación para evitar las esperas, ya mencionadas en otro capítulo, los problemas de tiempo de adquisición no solo presenta problemas de esperas, sino que también se debe tener en cuenta no realizar pedidos con demasiada anticipación, esto debido a que productos de gran tamaño ocupan espacio en la obra que provocara la interferencia con el trabajo y la movilización de dichos elementos más difícil como pasa en el caso de los tubos de concreto de 36".

Otro problema que puede generar desperdicios son el cambio de condiciones de los productos, ya que un cambio en los diseños puede afectar considerablemente las cantidades necesarias para su elaboración por exceso o escases de material, un cambio de proveedor pude generar incertidumbre con los tiempos de entrega, lo

que se ve reflejado en esperas, otro de los problemas propuestos por Serpell³⁵ es la frecuencia de los pedidos, ya que por lo general esto suele ser pequeñas requisiciones en cortos tiempos, lo que implica más transporte y pérdidas en los procesos de construcción.

De acuerdo a los aspectos que involucran una adecuada administración de materiales, encontramos como están presentes en la obra de nuestro estudio teniendo en cuenta el tipo de almacenamiento, donde existe un gran conflicto debido a que a pesar de la gran área que involucra el proyecto no se contaba con un espacio adecuado que garantizara la protección del material, teniendo almacenamiento temporal e incurriendo con el problema de realización de pedidos con alta frecuencia y pequeños lotes de material, esto necesitaba de una gran coordinación y experiencia por parte del residente para que no hiciera falta material para la construcción de los elementos, la insatisfacción de un lugar adecuado que brindara seguridad al almacenamiento también repercutió en el robo de material en algún momento determinado obligando a mantener el material almacenado en un lugar más lejano del desarrollo de las obras incrementando el transporte de material.

Otro aspecto encontrado en obra fue el inconveniente con productos terminados como los tubos de 36" necesarios para la construcción de alcantarillas, esto debido a que los productos tenían un periodo de tiempo anticipado para su pedido, en algunas ocasiones el requerimiento de este producto generó esperas en los procesos constructivos por la ausencia del material, mientras en otros casos se solicitaba con demasiada anticipación y el mantener un inventario alto en la zona producía interferencia en otras actividades o grandes traslados, que teniendo en cuenta su gran tamaño y difícil traslado manualmente representaba un gran inconveniente por ausencia de tiempo por parte de la maquinaria y más esperas en los procesos de construcción.

³⁵ IBIT., p.57.

Figura 15. Fotografía en obra de Ubicación de tubería en concreto



Según Serpell³⁶ podemos clasificar las pérdidas de materiales en dos clases, pérdidas directas y pérdidas indirectas, las pérdidas directas son todas aquellas que se relacionadas con el desperdicio de material en obra, ósea todo el material que no se utiliza ni recoge después de ejecutada la construcción y las pérdidas indirectas que se pueden dar por sustitución (material usado con un propósito diferente al que se adquirió), uso en sobreproducción (cuando se usa más material del necesario), y negligencia (cuando por errores es necesario más material del planeado).

³⁶ SERPELL, Alfredo. Administración de Operaciones de Construcción. 2 ed. Santiago de Chile: Alfaomega, 2002. p.255. ISBN 958-68-2451-9.

Figura 16. Fotografía en obra de pérdidas directas



En cuanto a las pérdidas directas dentro de la obra podemos evidenciar en la imagen que los desperdicios estuvieron presentes en el transcurso de la obra, lo que siempre se buscó hacer fue utilizar en otras actividades todos estos desperdicios con el fin de mitigar las pérdidas, esto con respecto al acero, ya que podía ser usado como separadores en la formaleta y otros usos no de diseño sino de construcción. Con respecto al material granular se observa en la imagen que no se está recogiendo el material exparcido permitiendo su contaminación, para esto el uso de las 5 Ss sería de gran ayuda para eliminar pérdidas de este tipo, ya que una zona de trabajo organizada y limpia elimina los desperdicios en obra.

Con respecto a las pérdidas indirectas solo se presentó en el inicio de la construcción del muro de contención, debido a que al comenzar la obra hubo negligencia y la cuantía de los primeros 20 metros fue mayor a la necesaria de los diseños debido a que las longitudes de los tramos de varillas cortadas eran superiores y el realizar un nuevo corte implicaba más tiempo y el sobrante ya no tendría uso, en este caso se corrigió con la modificación del despiece.

Por todo lo ya mencionado se puede concluir que en desarrollo de la construcción de elementos con producción artesanal estudiados en este proyecto no fueron efectivos, ya que de las observaciones realizadas del seguimiento presentó la eficacia en las labores de trabajo, pero la eficiencia fue deficiente por las diferentes pérdidas presentes, mostrando que siempre se llegó a los resultados esperados pero no haciendo el menor uso de recursos necesarios.

8.3 DIAGNÓSTICO DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS

En todas las industrias lo que se pretende realizar es la transformación de materiales en productos con gran valor para los clientes, esto con el fin de buscar el lucro y el beneficio para todos. Esta transformación de los materiales es considerada como procesos dentro de la industria, según Quinodoz³⁷ los procesos de producción pueden clasificarse en:

- Procesos Continuos: está compuesta por actividades permanentes sin interrupciones y de productos homogéneos.
- Procesos Repetitivos: estas actividades son realizadas por lotes por ejemplo la industria automotriz.
- Procesos Intermitentes: son los que se desarrollan por pedidos, satisfaciendo las necesidades del cliente y cumpliendo especificaciones particulares.

De acuerdo a lo anterior los procesos constructivos estudiados se encuentra en los procesos intermitentes de acuerdo con Quinodoz³⁸, porque los procesos están ligados a las especificaciones donde se basan en la funcionalidad del elemento y geometría, a pesar de que todos los elementos deben cumplir las misas características sus dimensiones no siempre son las mismas lo que genera pequeñas modificaciones de acuerdo a su entorno lo que no permite utilizar exactamente el mismo equipo pero si suelen manejar los mismos procesos.

Como se ha venido trabajando en todo el libro, este estudio está basado en la Filosofía Lean, la cual busca la eliminación de pérdidas, mudas o desperdicios según el autor que las describe, para esto son muy importantes tener en cuenta los procesos de construcción mediante los cuales se desarrolla la obra, Estos procesos pueden ser variables en la medida que existen varios factores que intervienen en su ejecución, los recursos con los que cuenta la empresa, la calidad de herramienta y materiales, cambios climáticos, destreza de la mano de obra Serpell³⁹. Debido a esto los procesos reales no siempre concuerdan con lo que se espera y la realización de diagnósticos en dichos procesos ayuda a realizar mejoras e identificar problemas presentes en la ejecución de obra, para esto vamos a trabajar con herramientas de control y seguimiento ya desarrolladas con anterioridad, identificando donde están presentes los errores en los procesos, que actividades

³⁷ QUINODOZ. 2007, citado por: ROJAS, Miguel. Ingeniería Administrativa 1° ed. Bogotá: Ediciones de la U, 2016. p.143. ISBN 978-958.762.724-7

³⁸ IBIT., p.64.

³⁹ SERPELL, Alfredo. Administración de Operaciones de Construcción. 2 ed. Santiago de Chile: Alfaomega, 2002. Cap.6. ISBN 958-68-2451-9.

pueden ser modificadas o excluidas con el objetivo de mejorar y que tan diferente esta lo planeado con lo desarrollado.

8.3.1 Alcantarilla Sencilla

A esta construcción es la primera que se hizo seguimiento de los procesos, cuando se comenzó el estudio dicha estructura ya había iniciado su desarrollo con actividades de excavación, compactación para mejoramiento del suelo, fundición de concreto para solado y localización de tubería de concreto. Por esto la medición que comenzó desde el 6 de octubre del 2017, inicio con el retiro de formaleta para la fundición de concreto de atraque y posteriormente la construcción de la caja de entrada de aguas lluvia.

Tabla 4. Proceso de desencofrado alcantarilla sencillas 6 de octubre

FLUJO	PROCESO	ELEMENTO
ALISTAMIENTO	desencofrado	Atraque
TRANSPORTE		
DESMONTE		
INSPECCIÓN		

Como primer proceso encontrado en el seguimiento fue el de fundición de concretos en su parte final, teniendo en cuenta el desencofrado o retiro de formaleta, donde encontramos como primera observación, que el proceso se ve afectado por la necesidad de incluir transporte de herramientas en cada cambio de actividad dentro del proceso constructivo para efectuar cada labor, igualmente es posible apreciar como el comienzo de actividades incluye un alistamiento al inicio de labores desde el campamento donde se realiza la planeación y programación del día laboral que no había sido incluido en los procesos esperados.

Tabla 5. Proceso de amarre de acero 1° alcantarilla

Transformación	Amarre	placa-base
Amarre		caja de
Transporte		recolección
Transformación		de aguas
Amarre		lluvia.
Alistamiento		
Inspección		
Limpieza		
Amarre		

Transporte
Adecuación
Inspección
Transformación
Amarre

Como segundo proceso identificado tenemos el Amarre de acero para estructuras en concreto reforzado, donde de acuerdo a los flujos estipulados y esperados se encuentra muy presente los transportes de material, los cuales ocurren por la extensión que cuenta la obra, dentro de las transformaciones se encuentran todas las modificaciones del acero antes de ser llevado a obra como se había mencionado con anterioridad estas actividades son cortes y figurados de varilla los cuales se realizan también en obra, otro detalle a destacar es la presencia de actividades limpieza y adecuación que no habían sido tenidas en cuenta dentro de los flujos y que como observamos en la siguiente imagen está compuesta por el perfilado y limpieza de la zona de trabajo debido a espacios muy reducidos, y una mala ejecución de trabajos antecesores.

Figura 17. Soporte fotográfico del proceso de amarrar acero 1° alcantarilla sencilla placa



El mejoramiento del terreno es indispensable para garantizar la durabilidad y buen funcionamiento de los elementos, siendo la excavación y compactación los siguientes procesos dentro de la construcción. Se puede observar los dos procesos

consecutivos en la siguiente tabla, donde al tener el material listo y por ser un área pequeña se realizaron menos movimientos, ya que la actividad de excavación los mayores movimientos de tierras había sido ejecuta con anterioridad, para la tabla siguiente dentro del alistamiento se encuentra el transporte a obra de herramientas menores como pica y pala y el desplazamiento del compactador, el almacenamiento hace parte de la ubicación de recebo y la adecuación es la compactación del material, para este caso en particular no se humedeció el material para su compactación debido a que no fue necesario por las características del material.

Tabla 6. Proceso de excavación y compactación 1° alcantarilla

Alistamiento	Excavación y compactación de suelo
Remoción	
Limpieza	
Transporte	
Almacenamiento	
Adecuación	

Como se observa en el seguimiento de fundición de concretos se encuentran actividades no previstas dentro del flujo del trabajo, como la lubricación de formaleta la cual es necesaria en la medida de que permite facilidad en el desencofrado o desmote posterior a la fundida, según el análisis también es de apreciar que antes del apuntalamiento también es necesario una transformación de la madera para asegurar la formaleta, esto debido a que esta es entregada por el proveedor en tramos largos y para la actividad son necesarios menores longitudes para su uso.

Tabla 7. Proceso de concreto 1° alcantarilla para placa-base

Transporte	Concretos	placa-base
Lubricación		
Alistamiento		
Trasformación		
Transporte		
Formaletear		
Trasformación		
Apuntalamiento		
Alistamiento		
Limpieza		
Fundición		
Inspección		
Limpieza		

Alistamiento Desmante

Después de fundidas las placas el siguiente proceso fue el amarre del acero para reforzar los muros de la caja de ingreso de agua de la alcantarilla, donde las actividades presentaron el mismo comportamiento ya socializado en el diagnóstico de amarre de acero. Como se observa en la imagen el poco espacio para trabajar presento gran inconveniente para el desarrollo de la actividad, esto debido a una mala decisión al inicio de las labores, ya que por reducir costos en excavación no se realizó el trabajo de forma que garantizara los trabajos posteriores.

Figura 18. Soporte fotográfico del proceso de amarrar acero 1° alcantarilla sencilla muros



El encofrado hace parte del proceso de concretos y se desarrolla semejante al ya socializado, pero con la tabla posterior se pretende socializar como dentro de los flujos se hace frecuente la presencia de transportes de equipo o material lo que fue debido a la experiencia del trabajador que ubico formaleta con un mayor número de elementos los cuales se arman en la misma zona de trabajo, también es de destacar que la inspección no se realizó al finalizar la labor, lo que provoco errores futuros en la construcción

Tabla 8. Proceso de desencofrado 1° alcantarilla sencillas

FLUJO	PROCESO	ELEMENTO
ALISTAMIENTO LUBRICACIÓN	encofrado	muros caja de ingreso

FORMALETEAR	de agua alcantarilla
INSPECCIÓN	
TRANSPORTE	
LUBRICACIÓN	
TRANSPORTE	
FORMALETEAR	
TRANSPORTE	
FORMALETEAR	
TRANSPORTE	
FORMALETEAR	
ALISTAMIENTO	
APUNTALAMIENTO	

La siguiente imagen muestra lo ocurrido al trabajar con un número mayor de elementos, esto genera tropiezos y aumenta la complejidad del proceso, adicionalmente al contener muchos elementos se aumenta el número de movimientos presentes en los flujos y la probabilidad de encontrar errores en el desarrollo de la actividad sube considerablemente.

Figura 19. Soporte fotográfico del proceso encofrado 1° alcantarilla sencilla armado en situ



La fundición y desencofrado no presenta observaciones y se desarrolla de acuerdo al proceso, esto fue gracias a una planeación adecuada al trabajo, ya que con anterioridad se contempló como se iba a desarrollar cada actividad, permitiendo ubicar los materiales y equipos necesarios de manera que se realizaran los menores desplazamientos como se observa en la siguiente imagen.

Figura 20. Soporte fotográfico de actividad de fundición 1° alcantarilla sencilla armado en situ



Con el ingreso de la nueva cuadrilla de trabajo los procesos se simplificaron disminuyendo la cantidad de transportes de material y de traslados de personal, la estandarización y desarrollo de actividades paralelas redujo las esperas por procesos antecesores y una mayor experiencia demostró que no eran necesarios tantos movimientos. Esto que se menciona es posible comprobarlo con el siguiente flujo de trabajo, donde los movimientos están menos presentes y el desarrollo de actividades son más constantes.

Tabla 9. Proceso de concretos 1° alcantarilla sencillas

Transporte	Encofrado	Transporte	Fundición	Desmonte	Desencofrado
Alistamiento		Alistamiento		Limpieza	
Formaletear		Fundición		Transporte	
Lubricar		Apuntalar			
Apuntalar		Formaletear			
Alistamiento		Lubricar			
Apuntalar		Formaletear			
Transporte		Alistamiento			
Limpiar		Transporte			
Alistamiento		Fundición			
Formaletear		Limpieza			

8.3.2 2° Alcantarilla sencilla

Esta segunda alcantarilla presenta los mismos elementos que la anterior con la diferencia que la tubería de concreto no será protegida por recebo sino por concreto debido a la cercanía con la sub-rasante, el orden de construcción de elementos fue localización de tubería, construcción de caja de ingreso de agua y aletas de salidas, el seguimiento se realizó desde el comienzo de la obra y con el mismo personal en todas las actividades lo que favoreció la medición de las labores gracias a la homogeneidad en los procesos.

Tabla 10. Proceso de compactación 2° alcantarilla sencillas

FLUJO	PROCESO
TRANSPORTE	Compactación
AFIRMADO	
ALSTAMIENTOS	
ALMACENAMIENTO	
TRANSPORTE	
ALISTAMIENTO	
AFIRMADO	
TRANSPORTE	
INSPECCIÓN	
LIMPIAR	
INSPECCIÓN	
LIMPIAR	
AFIRMADO	
FUNDICIÓN	

Del mismo modo que se vio en el flujo de actividades anterior podemos contemplar como un proceso puede ser considerablemente modificado en función de las especificaciones, condiciones del sitio y recursos, esto debido a que para la fundición de una placa de solado como la que se muestra en la siguiente imagen, las actividades de formaleta y apuntalamiento, no son tan necesarias y son eliminados algunos pasos en el proceso. La realización de trabajos predecesores teniendo en cuenta el siguiente proceso favorece el desarrollo de las siguientes labores, por ejemplo en éste caso el realizar la excavación a medida del elemento a fundir omitió la colocación de formaleta.

Figura 21. Soporte fotográfico de fundición placa-base 2° alcantarilla sencilla



Como se observa en las cartas de proceso y la imagen, la fundición de concretos y amarre de aceros hacen parte de una sola secuencia de actividades, con la característica de que el amarre de acero es producida en paralelo con la fundición, pero estas deben ser ejecutadas de tal modo que no interfieran entre sí, que permitan mayor desempeño y menores perdidas en los procesos, es así como lo encontramos en la cuadrilla de trabajo que ejecuta la realización de la segunda alcantarilla medida, como es observado en el registro de flujos, la cuadrilla original separa actividades conformando más de una cuadrilla encargada en los dos procesos, llevando un orden esperado del desarrollo de las actividades.

Figura 22. Soporte fotográfico de fundición de concretos para atraque 2° alcantarilla sencilla



Tabla 11. Flujo de proceso para fundición de concretos 2° alcantarilla sencilla

FLUJO	PROCESO	FLUJO	PROCESO	FLUJO	PROCESO
ALMACENAMIENTO	Fundición de concretos y Amarre de Acero.	Fundición	Fundición de concretos y Amarre de Acero.	Apuntalar	Fundición de concretos y Amarre de Acero.
ALISTAMIENTO		Trasporte		Limpieza	
TRASPORTE		Apuntalar		Alistamiento	
AMARRE		Limpieza		Almacenamiento	
ALISTAMIENTO		Apuntalar		Transporte	
ALMACENAMIENTO		Trasporte		Fundición	
AMARRE		Formaletear		Transporte	
FORMALETEAR		Almacenamiento		Lubricación	
APUNTALAR	ALISTAMIENTO	Limpieza	Transporte	Almacenamiento	Fundición
ALISTAMIENTO		Transporte		Fundición	

8.3.3 3° Alcantarilla Sencilla

Para la construcción de esta alcantarilla se trabajó el mismo personal de la anterior el cual ya ejecutaba sus labores con un proceso estandarizado con ciertas variaciones que se mencionaran en a continuación, la realización de esta obra se vio afectada en la ejecución de la totalidad de sus elementos debido a la proximidad de la vía ya existente, esto limito a la construcción de la alcantarilla a 14 metros lineales de tubería y la estructura de salida del agua.

Otra de las características especiales de esta alcantarilla fue la orientación, ya que debido a que no era perpendicular con el alineamiento de la vía, sino que trazaba una diagonal desde dos abscisados diferentes, la tubería suministrada por los proveedores no satisfacía las necesidades del diseño y fue necesario su modificación como lo evidencia la carta de proceso del 01 de Noviembre del 2017, esta modificación consto de un desbaste de tubería ubicada al final de tramo como se muestra en la siguiente imagen.

Figura 23. Soporte fotográfico de desbaste de tubería de concreto



Como lo muestra el proceso constructivo del 27 de octubre del 2017 presentes en el anexo B, en la realización de la tercera alcantarilla sencilla, el área de trabajo y las condiciones del terreno fueron un factor que interviene en los procesos, ya que como se muestra en la imagen a continuación dentro del proceso de concretos aparece una actividad de adecuación de terreno para transporte de material, en este caso en particular y con el fin de no interferir con otras actividades fue necesario la realización de mezcla de concreto en la parte superior de los elementos a construir,

donde se tenía una gran diferencia de nivel y fue necesaria la construcción de un canal que permitiera bajar el concreto de manera segura y efectiva para su transporte. Esto generó nuevas actividades dentro del proceso generando mayor complejidad y uso de más recursos.

Figura 24. Soporte fotográfico de fundición de concreto 3° alcantarilla sencilla



8.3.4 Muro de contención

Este muro tenía características particulares como sus dimensiones en base y muro iguales, con la diferencia en la cuantía pero que en el diseño que se trabajó con un mismo tipo de acero (varilla #4) solo cambia la separación entre varillas, esto permitió figurar el acero en elementos con mismas características y simplificando las actividades. Para esta construcción se presentaron variables como el cambio de personal y la modificación de diseños en la ejecución del proyecto, adicionalmente se contó con el cambio de sistema de mezclado de concreto, ya que se pasó de mezclar en obra por la contratación de concretos pre-mezclados.

La ejecución de la obra comenzó desde el 02 de Noviembre del 2017 para esta construcción y debido a su magnitud fue posible la realización de excavación con maquina e igualmente con su mejoramiento del suelo, estas actividades nos restringe en la medida de que no aporta productividad a la mano de obra, pero si es un proceso antecesor que debe ser coordinado por el personal de trabajo, ya que esto influye en el trabajo que se realizara posteriormente. A pesar que en su mayoría el trabajo ya mencionado fue hecho por maquinaria, hubo un elemento que necesito la excavación manual, este fue el paso de la llave en el muro de contención, como se muestra en la siguiente imagen la dimensión del elemento modifiko el proceso

de modo que esta se basó en picar y sacar a un lado el material sobrante a un lado sin la necesidad de transportarlo.

Figura 25. Soporte fotográfico de excavación manual para muro de contención



La forma de trabajo de la nueva cuadrilla es diferente a las anteriores esto se evidencio en los procesos de construcción, debido a que el proceso de amarre de acero volvió a ser un antecesor de procesos de concretos, lo que indica que primero se realizó el amarre del acero y hasta no culminar este proceso no se inició con la ubicación de formaleta como lo podemos ver en la siguiente imagen, esto también fue influenciado por el tiempo en que transcurrió en el cambio de cuadrilla, debido a que el personal existente en obra se usó para continuar las labores iniciadas del anterior grupo de trabajo, manteniendo un alto inventario de acero figurado que posteriormente su amarre.

Figura 26. Soporte fotográfico de amarre de acero en muro de contención



En relación con el tamaño del elemento a construir se dificulta la fundición de su totalidad en un solo momento, es por esto que se decidió que la construcción sería por tramos de 10 metros de longitud de base y 20 metros de longitud de muro, lo que demostró en los procesos constructivos la consecución de actividades de forma cíclica hasta la culminación de dicho elemento el 09 de diciembre del 2017 con 60 metros lineales de muro de contención.

8.3.5 Box Culvert y Alcantarilla doble

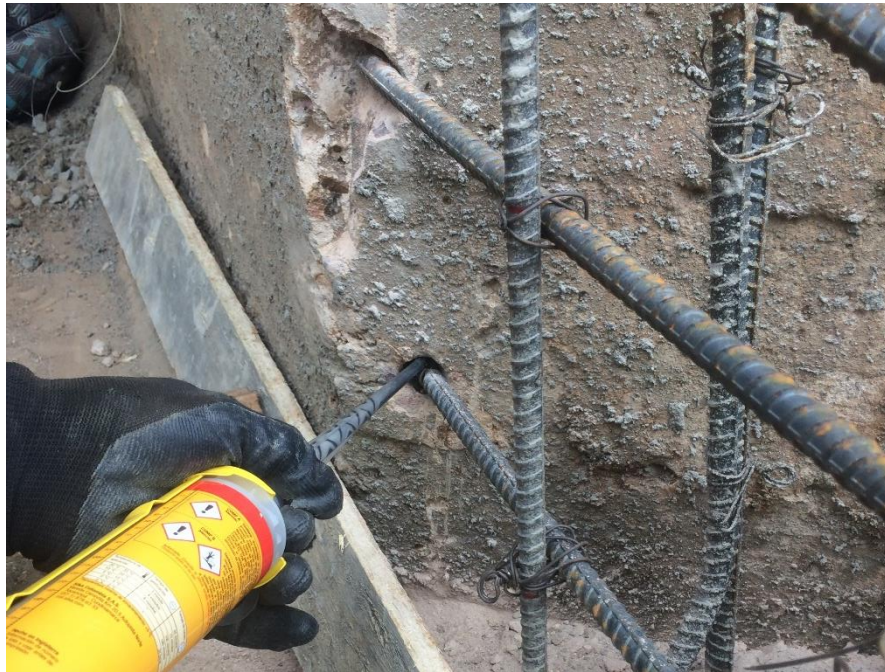
Para la ejecución de estos dos elementos se trabajaron los procesos en paralelo, lo que por su cercanía fue posible, en algunos de los casos realizar el mismo proceso en las dos zonas, como ejemplo, se observó en las actividades de concretos y en algunos casos en el amarre de acero. Como podemos observarlo en la imagen y el las cartas de proceso hubo una adecuación del área de trabajo diferentes a los elementos ya construidos, para estos dos elementos, debido a que no se realizaban elementos completamente nuevos sino al continuación de dichos elementos, se encontraron actividades como demoliciones y anclajes de estructuras ya existentes.

Figura 27. Soporte fotográfico de demolición en box y alcantarilla



En comparación con las construcciones del anterior elemento, se pudo observar la disminución de traslados de material desde el campamento, esto debido a que la distancia entre el almacenamiento en el campamento y las obras en cuestión era demasiada, lo que era necesario una mejor planeación de actividades, esto y la coordinación con el ingeniero permitieron la realización del figurado de acero por elementos, llevando a obra el material necesario para la realización de trabajo diario. En relación con las actividades necesarias en cada uno de los procesos, para el amarre de acero fue necesario la realización de anclajes en la continuación de box culvert, desbaste y aplicación de aditivos para la cohesión de acero como se observó en el proceso y fue ilustrado en la siguiente imagen.

Figura 28. Soporte fotográfico de uso de sikadur en box y alcantarilla



8.3.6 Procesos Finales Reales

En el transcurso de todo el seguimiento se encontraron modificaciones en los procesos debida a variables que no se esperaban como el cambio de personal, esto dificultó la medición en la medida de que la curva de aprendizaje fue interrumpida en cada uno de los cambios, pero siempre se buscó no cometer errores ya corregidos, es así como presentaremos los procesos reales que se ejecutaban a final del seguimiento como representativos en el estudio.

8.3.6.1 Concretos

En comparación con los flujos anteriormente mencionados en el capítulo 7, encontramos que los procesos comienzan desde antes del diseño, vinculado a todo el personal desde el comienzo del trabajo, esto de acuerdo con la cultura Lean expuesta por Alarcón⁴⁰ donde el vincular a todo el personal permite que se tengan en cuenta la experiencia de los trabajadores en todas las jerarquías y se prevengan inconvenientes futuros en ejecución y construcción. Adicionalmente podemos observar que el uso de formaleta simplifica el proceso, pero en algunos casos por ambientes externos como la seguridad, es necesario el uso de equipo de menos

⁴⁰ ALARCÓN. Op. Cit., p.50.

costo, esto genero el uso de madera rolliza para apuntalar en cambio de los parales de acero creando un paso más en el proceso.

Figura 29. Esquema diagrama de flujo real del proceso de concreto

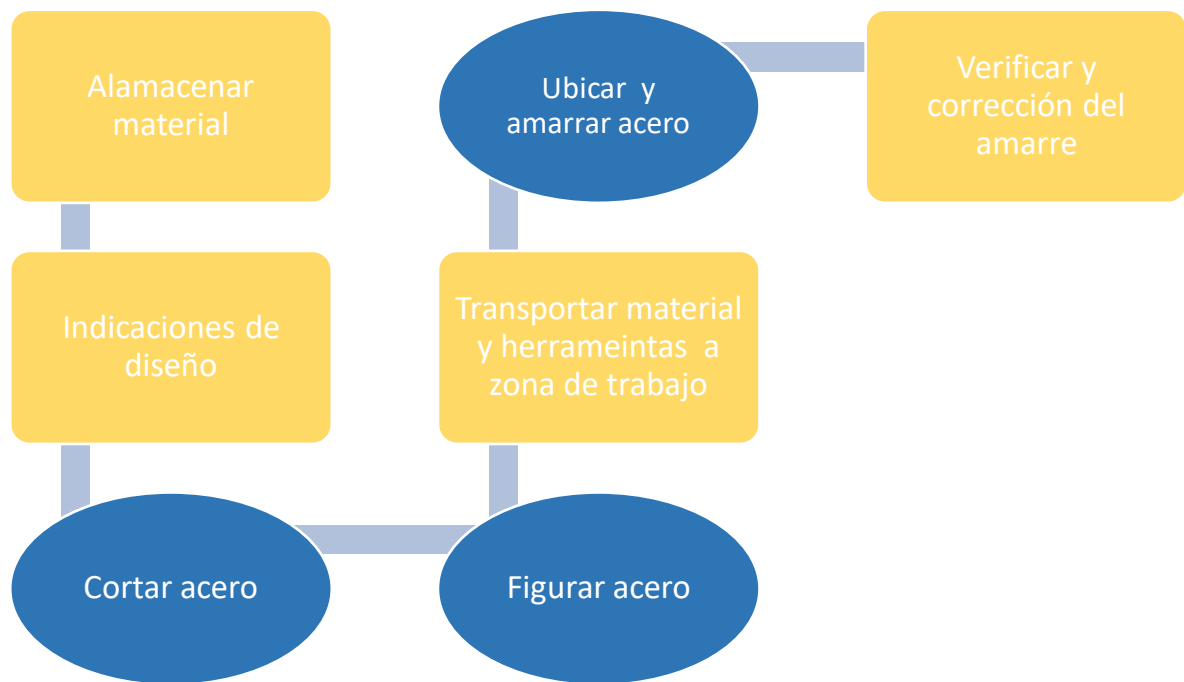


El uso de concreto pre-mezclado favorece considerablemente en el proceso de concreto debido a la facilidad que genera el uso de este material ya mezclado, evitando el uso de un personal más numeroso y realizando actividades de fundición en un menor tiempo.

8.3.6.2 Aceros

La transformación de acero y el amarre está muy alineado con lo planeado, las actividades realizadas realmente son similares en lo planeado con lo real, esto se debe en gran parte a la simplicidad del proceso, debido a que más que un proceso, es un sub-proceso de la fundición de concretos, donde con cuadrillas más experimentadas se trabajan los procesos paralelamente. Lo que se puede resaltar en este flujo es la presencia de correcciones en el amarre, esto se debe a malas comunicaciones o presencia de indecisión en los diseños ya estipulados por costos o intereses personales.

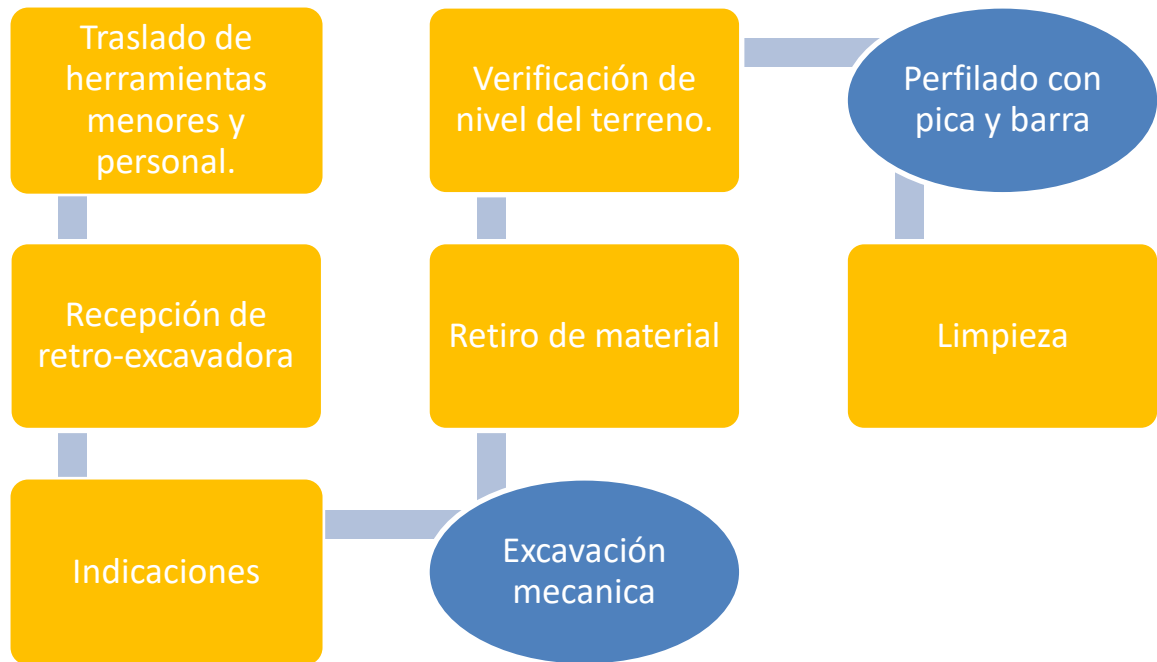
Figura 30. Esquema diagrama de flujo real del proceso de amarre de acero



8.3.6.3 Excavación

El proceso de excavación se había tomado como dos flujos, uno en el cual se realizaban las actividades por medio de maquinaria pesada y otra ejecutada por la mano de obra con herramientas menores, dado que principalmente a que en el tema de estudio se pretende medir la productividad de la mano de obra, excluyendo de cierto modo el trabajo realizado por medio mecánico, pero al transcurso de la investigación se consideró como un error la división de estos dos procesos, ya que como se observa en el flujo real, la excavación manual y mecánica son actividades sucesoras donde el personal ejecutor de la excavación manual debe estar presente y dirigiendo la excavación mecánica, el uso de excavación mecánica ayuda considerablemente al gran movimiento de tierras, realizando las actividades en un menor tiempo y el hecho de que estas dos labores se tomen como un solo flujo permite ahorrar el mayor tiempo posible y facilitando la labor de la mano de obra, donde está más que realizar movimientos de tierra, perfecciona y detalla la excavación inicial.

Figura 31. Esquema diagrama de flujo real del proceso de amarre de acero



8.3.6.4 Compactación

En comparación con los flujos ya propuestos en el capítulo 6, es de observar que en la realidad la actividad de humedecer el material no se encuentra presente, debido a que si el material a trabajar tiene la humedad adecuada la compactación puede hacerse sin necesidad de desarrollar esta labor, omitiendo el paso en el proceso y haciéndolo más sencillo. Adicionalmente observamos como la compactación del material no basta con una sola compactación ya que el nivel deseado en algunas ocasiones consta de más material y de la realización de verificaciones anteriores que permitan el buen desempeño o la identificación temprana de errores, este es un paso fundamental que evitar re trabajos en obra, como sucedió los días 13 y 14 de diciembre con la construcción de la pacha, que en efecto es mostrado en las cartas de proceso anexadas donde se demuestra el re trabajo y la presencia de mudas que podrían eliminarse con facilidad.

Figura 32. Esquema diagrama de flujo real del proceso de compactación



En todos los flujos representados en este capítulo se notó el uso de dos diferentes colores y formas los cuales tenían la finalidad de clasificar el tipo de trabajo en contributivo y productivo, esto teniendo presente que el color azul representa el trabajo productivo y el color amarillo el trabajo contributivo, los cuales están acompañados de una forma particular del cuadro de texto.

8.4 IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES FUENTES DE PÉRDIDAS

Del mismo modo como Botero⁴¹ con su estudio de identificación de perdidas, donde se tomó como objeto de análisis varias construcciones en la ciudad de Medellín, Colombia y como se desarrolla en dicho estudio un comparativo con una investigación realizada por la Universidad Católica de Chile, se demuestra que las pérdidas en la construcción se encuentran muy presentes en porcentajes entre los 25% y el 30% del trabajo en el sector. Al igual que estos estudios las esperas fueron las mudas tipo 2 con mayor representación en el trabajo no contributivo, por esto comenzaremos a enfatizar sobre esta perdida y otras de gran influencia en el estudio.

⁴¹ BOTERO, Luis y ALVAREZ, Martha. Identificación de Pérdidas en el Proceso Productivo de la Construcción. En: REVISTA Universidad EAFIT. Abril, 2003. Vol. 39, no. 130. 14. p.

8.4.1 Esperas

Las esperas dentro de los procesos es la pérdida más representativa en el estudio, lo que confirma lo encontrado en Medellín y Chile donde el porcentaje de esperas son muy altas, este tipo de mudas en los procesos puede tener factores externos que no se pueden controlar como ocurre con el clima, un día lluvioso por ejemplo no permite el correcto desarrollo de la actividad y todo el personal de trabajo debe esperar unas condiciones que garanticen su seguridad y el correcto desarrollo de las actividades; pero otros factores ya son netamente administrativos y controlables, por ejemplo en una solicitud de material que no llegue a tiempo, actividades antecesoras sin terminar o condiciones de trabajo que no garantizan el correcto desempeño del trabajador.

De modo similar que otros estudios con respecto a los tipos de espera, encontramos que ocurre lo mismo en esta obra en cuestión ya que la espera más representativa era ocasionada por la falta de material, como por ejemplo la escases de acero, lo cual se buscó mejora con la requisición de material por elementos a construir, teniendo muy claro los diseños y la necesidad de material acerado para su ejecución, este problema se presentó con muchos de los materiales en obra, cemento, agua, tubos 36" y agregados entre los más representativos, esto ocurría por la forma de trabajar de las cuadrillas ya que como vemos en la siguiente imagen, el orden y la limpieza no estuvo del todo presente, generando grandes desperdicios e imposibilitando calcular con exactitud el material necesario que se usara en obra.

Figura 33. Soporte fotográfico forma de almacenar material



Otro de los problemas que se encontró en obra que ocasiono esperas fue el desbalanceo de las cuadrillas, como podemos observar en la imagen el personal inadecuado presenta esperas por parte de la cuadrilla, debido a que un grupo de trabajo con más integrantes del necesario provoca la ineficiencia de parte del personal que al no tener una función delegada opta por esperar y mirar el trabajo de sus compañeros, el problema no solo se presenta por más personal del necesario, sino también ocurre con falta de personal en la obra ocasionando demoras en trabajos predecesores y esperas en el inicio de actividades sucesoras.

Figura 34. Soporte fotográfico conformación de cuadrillas



Las esperas por desperdicio de material o material faltante se procuraron resolver con la implementación de concreto pre-mezclado, evitando mayores desperdicios en obra, pero indicando que aun con materiales preparados con anterioridad si no es bien coordinado su solicitud con las actividades en el proceso, se generan esperas por materiales sin importar su estado o procedencia.

Con menor representación pero de igual importancia otra fuente de espera fue ocasionada por equipo en condiciones inadecuadas, por ejemplo el daño de vibradores de concreto, las fallas en la mezcladora, el calentamiento en equipo de compactación ocasiono esperas en los procesos que se pudieron evitar teniendo las medidas de contingencia. Así mismo se presentaron esperas por maquinaria que estaban ejecutando labores en otros frentes y eran necesarias para desarrollo de actividades como ubicación de tubería de concreto.

8.4.2 Traslados

También conocidos como movimientos en los principios de la filosofía Lean por Ohno⁴², estos son los movimientos innecesarios del personal que no generan ningún valor a los productos, son movimientos dentro de la obra producidos por el personal de trabajo en los cuales no están transportando ningún material o haciendo ninguna labor. En un estudio realizado en Chile, por la Universidad Católica de Chile se encontró que el tipo de obra influye en la productividad de los procesos Serpell⁴³, por ejemplo en la construcción las edificaciones de altura eran más productivas que las de grandes extensiones, esto debido a la necesidad de hacer grandes recorridos por materiales en la obra, esto es posible evidenciar en nuestro estudio, ya que las segunda muda tipo 2 con mayor representación dentro de la obra fue los traslados o movimientos de persona.

Figura 35. Soporte fotográfico de la extensión de la obra



Como observamos en la imagen las construcciones de elementos de concreto dentro de la obra estaban ubicados a grandes diferencias de distancia y la dificultad por tener departamentos de trabajos aislados, por ejemplo una distancia mayor de 400 metros entre la construcción de las obras y el figurado del acero, lo que no permitía un almacenamiento cercano a la construcción, transformándose en una fuente de pérdida en el trabajo, puesto que la no planeación del día laboral hacía necesario grandes movimiento del personal para buscar herramientas o cualquier elemento de interés, para mitigar este inconveniente se presentó la ayuda de un

⁴² OHNO. Op. Cit., p.21.

⁴³ SERPELL. Op. cit., p. 53.

vehículo con el fin de transportar todo lo necesario al comienzo del día, pero esto ocasiona la presencia de esperas dado que el vehículo no estaba a completa disposición de las necesidades de las cuadrillas

8.4.3 Correcciones por Defectos

Descritas desde la filosofía Lean como toda actividad con poca calidad, ya sea por errores de diseño o mano de obra no calificada que produce la realización de re-trabajo, estas pérdidas pueden estar muy presentes en obra debido a factores importantes como el cambio de personal, trabajo en condiciones no aptas, mala interpretación de los diseños, ausencia de diseños como guía del trabajo o modificaciones tardías en los diseños, todos estos factores deben ser tenidos muy en cuenta para evitar la realización de re-trabajo que puede ocasionar pérdidas significativas en los procesos.

Figura 36. Soporte fotográfico de re trabajos en la obra



Como se muestra en la imagen, el re-trabajo en ocasiones no solo genera pérdidas en el gasto de recursos como el tiempo, sino que también consume recursos materiales, esta imagen fue de una de las alcantarillas construidas en la obra de estudio, donde la falta de personal calificado influyo en la generación de dicho problema, las necesidades del clientes no fueron satisfechas con el producto, lo que obligo a demolición y corrección del elemento. Este tipo de mudas también fueron

muy representativas en este estudio debido a dos factores muy importantes como el personal no calificado y con mucha rotación y el segundo factor fue la falta de diseños claros que permitieran una guía para los trabajadores en los procesos, así como el problema que se describió anteriormente existieron otros casos con menor impacto pero igual muy representativos, por ejemplo errores en los amarres que debieron ser corregidos, defectos con los terminados de los elementos, lo que llevo a desbastes o afinados con mortero, falta de apuntalamiento en la formaleta, en los cuales siempre estuvieron presentes los dos factores ya mencionados.

El tener que corregir defectos no solo afecta la productividad de la mano de obra, sino que adicionalmente interfiere con la productividad de los materiales ya que se usara más material del necesario y esto es considerado como otra pérdida importante en la filosofía Lean, ya que se busca los productos que tengan más valor para el cliente y no se gasten más recursos de los necesarios Womack y Jones⁴⁴.

8.4.4 Ocio:

Esta clasificación de pérdida es descrita como toda actividad personal en que el trabajador ocupe su tiempo dejando de lado las actividades laborales, esta clasificación se consideró teniendo en cuenta estudios realizados por Serpell y Luis Botero en obras de construcción en Chile y Medellín respectivamente, esta pérdida está muy ligada al tipo de trabajador y su estado físico, ya que si el personal de trabajo no está motivado o está agotado del trabajo realizado buscara la manera de gastar tiempo en otras actividades que lo permitan descansar, un factor importante que influye es el cansancio físico del trabajador y esto se puede deber a jornadas laborales muy extensas o ambiente laboral conflictivo.

⁴⁴ Womack and Jones., Op. cit., p. 21.

Figura 37. Soporte fotográfico de ocio en la obra



Como se puede observar en la imagen los descansos son la actividad que más presencia tienen en esta categoría de pérdida, según lo observado e identificado en el seguimiento de actividades, en la cuadrillas de trabajo estuvo muy presente el agotamiento físico y un mal ambiente laboral, esto debido a jornadas de trabajo en ocasiones superiores a las 10 horas y un grupo de trabajo escaso, donde el esfuerzo por el personal era mayor con el objetivo de cumplir las metas establecidas. Estas detenciones en el trabajo también pueden ser más influyentes de lo pensado, debido a que en la mayoría de las ocasiones lo que se hace es dejar de lado toda actividad y pensamiento con respecto al oficio cortando el ritmo con el que se venía trabajando y la realización de errores por desconcentración.

8.5 MEDICIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD

De acuerdo con los tipos de productividad en este capítulo vamos a trabajar con la productividad en la mano de obra, con ayuda de la medición realizada se determinó como era el uso de dicho recurso, cual es el personal involucrado y el tiempo usado para cada elemento, esto y con la ayuda de los APU's de la gobernación se pretende referencial que tan productiva eran las cuadrillas estudiadas, teniendo en cuenta que rendimiento era el esperado en cada proceso, a continuación se mostrara una tabla realizada con la información de la gobernación para su posterior comparación.

Tabla 12. Rendimientos en base de los APU's de la gobernación de Boyacá 2017

ACTIVIDAD	UNIDAD	RENDIMIENTO O DÍA	RENDIMIENTO O HORA
Concreto tipo D	m ³	8	1
ubicación con emboquillada de tubos	mL	8	1
suministro e instalación de acero de refuerzo	Kg	322	40
relleno con material seleccionado compactado mecánicamente tipo recebo	m ³	26,7	3

De acuerdo a la información recolectada en el estudio y la suministrada por la gobernación, se decidió trabajar la productividad de las siguientes actividades que se muestran a continuación dividida en sub-capítulos: fundición de concreto tipo D sin refuerzo, suministro e instalación de acero de refuerzo, relleno con material seleccionado compactado mecánicamente tipo recebo y ubicación con emboquillada de tubos, con el fin de ir comparando como fue el desempeño según el proceso realizado.

8.5.1 Concreto tipo D

Para esta labor se utilizó el concreto tipo D definido por los APU's, el cual consta de un concreto no reforzado de 3000 psi, mezclado en obra con mezcladora de gasolina, en este se incluye las actividades de ubicación de formaleta, apuntalamiento y fundición. A continuación se mostrara la información recolecta al respecto, según la medición.

Tabla 13. Rendimientos diarios en el proceso de concretos

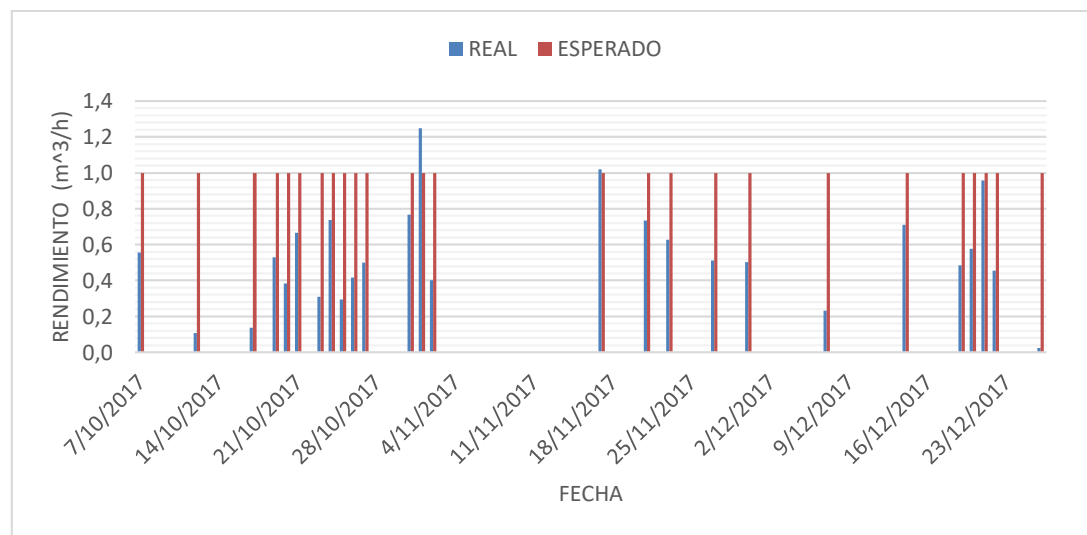
ACTIVIDAD	Concreto			Rendimiento (m ³ /h)	Trabajo (h-H)	RENDIMIENTO ESPERADO (m ³ /h)	Porcentaje de cumplimiento (APU's)
FECHA	Nº. PERSONA	CANT. m ³	TIEMPO (h)				
7/10/2017	5	1,7	3,0	0,6	15,0	1	56%
12/10/2017	4	3,2	9,0	0,1	36,0	1	11%
17/10/2017	5	1,0	7,5	0,1	37,5	1	14%

19/10/2017	5	3,3	6,2	0,5	31,2	1	53%
20/10/2017	5	2,5	4,0	0,4	20,0	1	38%
21/10/2017	4	0,8	1,0	0,7	4,0	1	67%
23/10/2017	5	3,0	9,0	0,3	45,0	1	31%
24/10/2017	4	7,0	9,5	0,7	38,0	1	74%
25/10/2017	6	1,0	3,5	0,3	21,0	1	29%
26/10/2017	5	2,5	3,5	0,4	17,5	1	42%
27/10/2017	5	4,5	9,0	0,5	45,0	1	50%
31/10/2017	5	2,3	3,0	0,8	15,0	1	77%
1/11/2017	5	2,5	2,0	1,3	10,0	1	125%
2/11/2017	5	3,8	7,5	0,4	37,5	1	40%
17/11/2017	6	10,7	10,5	1,0	63,0	1	102%
21/11/2017	7	5,2	5,0	0,7	35,0	1	73%
23/11/2017	5	8,1	10,0	0,6	50,0	1	63%
27/11/2017	4	5,1	3,0	0,5	12,0	1	51%
30/11/2017	5	9,0	9,0	0,5	45,0	1	50%
7/12/2017	5	3,9	2,5	0,2	12,5	1	23%
14/12/2017	4	11,0	9,0	0,7	36,0	1	71%
19/12/2017	5	12,0	11,8	0,5	59,0	1	48%
20/12/2017	5	1,4	2,5	0,6	12,5	1	58%
21/12/2017	5	6,4	1,3	1,0	6,5	1	96%

22/12/2017	5	9,0	14,8	0,5	74,1	1	45%
26/12/2017	3	0,3	9,0	0,0	27,0	1	2%

Adicionalmente se adjuntó el trabajo realizado expresado en horas hombre, esto debido a que las cuadrillas de trabajo nunca estuvieron balanceadas y el personal presente en la obra vario constantemente, y con ayuda de esta información es posible conocer un indicador adicional a la productividad de la mano de obra.

Figura 38. Diagrama de barras entre rendimiento real y el esperado diario para el proceso de concretos



En la gráfica anterior se observa la comparación entre el rendimiento que se determinó en el transcurso del estudio y cuál era el esperado según otras entidades como la gobernación, claramente se puede analizar como el real estuvo por debajo del esperado en la mayoría de los casos a excepción de los primeros días del mes de noviembre y el 18 de este mismo mes, en los cuales el rendimiento estuvo más cerca de lo esperado.

8.5.2 Ubicación con emboquillado de tubos

Para este proceso se tiene en cuenta actividades como ubicación y colocación de la tubería con ayuda de retro-excavadora, emboquillado en las uniones y comprobación de pendientes. A continuación se presenta la información correspondiente:

Tabla 14. Rendimientos diarios en el proceso de ubicación de tubos

ACTIVIDAD FECHA	Ubicación de tubos			Rendimiento (mL/h)	Trabajo (h-H)
	N. PERSONAS	CANT. (mL)	TIEMPO (h)		
20/10/2017	3	11	1,5	7,3	4,5
28/10/2017	5	14	4,5	3,1	22,5
18/12/2017	5	26	5	5,2	25

Esta actividad estuvo presente solo en tres ocasiones para la construcción de dos alcantarillas sencillas y una alcantarilla doble siendo la del 18 de diciembre la alcantarilla doble.

8.5.3 Suministro e instalación de acero de refuerzo

En la instalación de aceros se tiene en cuenta trabajos necesarios para su ejecución como: figurado y cortes del acero, estas actividades usan recursos en la mano de obra y están vinculadas a la instalación de acero, en algunas obras optan por la adquisición de acero ya figurado, pero dentro de los APUs se está determinando su rendimiento teniendo en cuenta el desarrollo de estas labores y así ocurrió en el objeto de estudio.

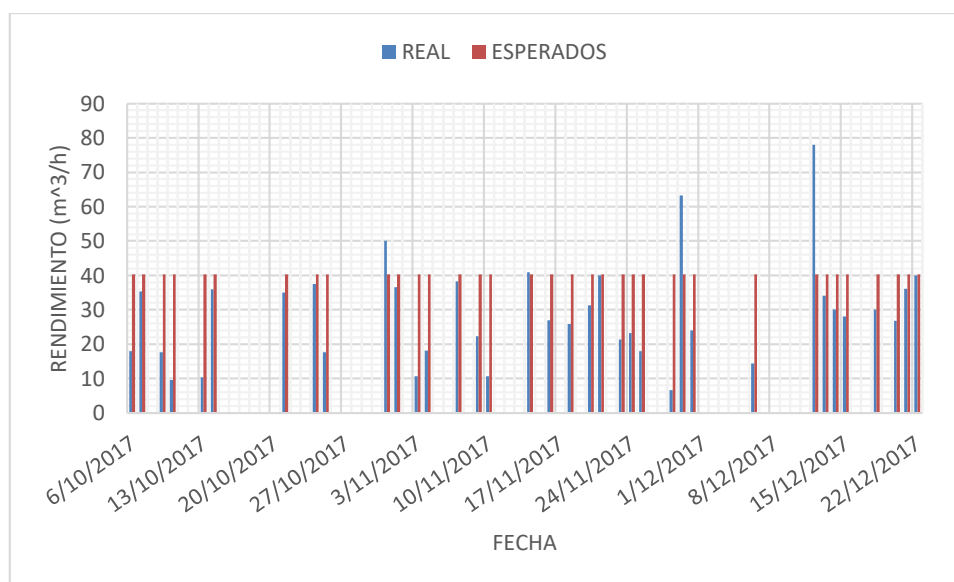
Tabla 15. Rendimientos diarios en el proceso de amarre de acero

ACTIVIDAD FECHA	AMARRAR ACERO					RENDIMIENTO ESPERADO (Kg/h)	% Cumplimiento
	N° PERSONA S	CAT Kg	TIEMP O (h)	RENDIMIENTO (Kg/h)	TRABAJO (h-H)		
6/10/17	3	162	9	18,0	27,0	40	45%
7/10/17	5	88,4	2,5	35,3	12,5	40	88%
9/10/17	3	88	5	17,6	15,0	40	44%
10/10/17	2	48	5	9,6	10,0	40	24%
13/10/17	5	82,6	8	10,3	40,0	40	26%
14/10/17	2	18	0,5	36,0	1,0	40	89%
21/10/17	3	175	5	35,0	15,0	40	87%
24/10/17	2	150	4	37,5	8,0	40	93%
25/10/17	5	123	7	17,6	35,0	40	44%
31/10/17	5	300	6	50,0	30,0	40	124%
1/11/17	5	256	7	36,6	35,0	40	91%
3/11/17	4	96	9	10,7	36,0	40	27%

4/11/17	4	96	5,3	18,1	21,2	40	45%
7/11/17	5	260	6,8	38,2	34,0	40	95%
9/11/17	3	200	9	22,2	27,0	40	55%
10/11/17	3	96	9	10,7	27,0	40	27%
14/11/17	6	368	9	40,9	54,0	40	102%
16/11/17	6	237,8	8,8	27,0	52,8	40	67%
18/11/17	4	108	4,2	25,8	16,7	40	64%
20/11/17	5	282	9	31,3	45,0	40	78%
21/11/17	2	120	3	40,0	6,0	40	99%
23/11/17	2	192	9	21,3	18,0	40	53%
24/11/17	7	186	8	23,3	56,0	40	58%
25/11/17	3	90	5	18,0	15,0	40	45%
28/11/17	2	60	9	6,7	18,0	40	17%
29/11/17	3	316	5	63,2	15,0	40	157%
30/11/17	2	48	2	24,0	4,0	40	60%
6/12/17	5	76	5,3	14,4	26,5	40	36%
12/12/17	3	468	6	78,0	18,0	40	194%
13/12/17	3	307	9	34,1	27,0	40	85%
14/12/17	1	75	2,5	30,0	2,5	40	75%
15/12/17	5	252	9	28,0	45,0	40	70%
18/12/17	2	120	4	30,0	8,0	40	75%
20/12/17	5	174	6,5	26,8	32,5	40	67%
21/12/17	5	325	9	36,1	45,0	40	90%
22/12/17	1	40	1	40,0	1,0	40	99%

Como se puede observar en la siguiente grafica el comportamiento de la productividad tiene varios picos en el transcurso del tiempo, pero en general esta medida estuvo más acorde a lo esperado, donde se muestra una productividad más cercana a la proyectada por los análisis de precios unitarios y en tres casos específico estuvo por encima de la ya mencionada.

Figura 39. Diagrama de barras entre rendimiento real y el esperado diario para amarre de acero



8.5.4 Relleno con material seleccionado compactado mecánicamente tipo recebo

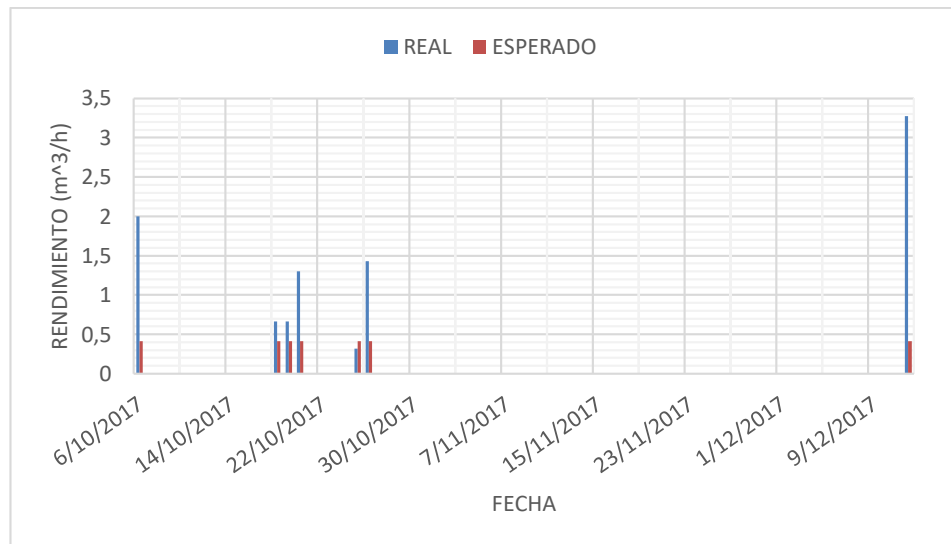
Para esta actividad se tiene presente los trabajos necesarios para la realización de la compactación, incluyendo actividades de acarreo, ubicación y compactación por capas de recebo con ayuda de rana vibro-compactadora, la información recolectada en campo se suministra en la siguiente tabla con el fin de su análisis y comparación.

Tabla 16. Rendimientos diarios en el proceso de compactación

ACTIVIDAD FECHA	Compactación Recebo			Rendimiento (m³/h)	Trabajo (h-H)
	N. PERSON	CANT. m³	TIEMPO (h)		
6/10/2017	3	8	4	2	12
18/10/2017	2	6	9	0,7	18
19/10/2017	2	2	3	0,7	6
20/10/2017	3	1,3	1	1,3	3
25/10/2017	3	0,8	2,5	0,3	7,5
26/10/2017	5	5	3,5	1,4	17,5
12/12/2017	3	9	2,75	3,3	8,25

De esta tabla podemos observar que el personal necesario para este trabajo es de tres personas como el más indicado, esto con el análisis en que los días 18 y 19 de octubre se tuvieron menos personas en la labor y el rendimiento fue más bajo, y el día 26 de octubre que se presentó más personas el rendimiento no vario significativamente. Otro indicador que se puede ver en la información recolectada es que la cantidad de material influye en la labor, porque a excepción del día con menor personal, las altas cantidades presentaron los más altos rendimientos.

Figura 40. Diagrama de barras entre rendimiento real y el esperado diario para compactación



De la anterior figura se observa como los rendimientos fueron superiores a lo esperado esto debido a la presencia de maquinaria pesada presente en la obra, ya que al contar con el tiempo esta colaboro en la ejecución de los procesos permitiendo un mayor desempeño, sin embargo el uso de este equipo vario los resultados de modo que la no son muy tenidos en cuenta para el objetivo de este estudio.

9. ANÁLISIS

Para el análisis de la información es importante tener en cuenta estudios antecesores del tema tratado, ya que por medio de estos es más fácil comparar la situación real del objeto de estudio, para esto contamos con los datos de la gobernación de Boyacá que por medio del análisis de precios unitarios se tiene de referencia rendimientos y composición de cuadrillas que permiten profundizar el análisis, en la siguiente tabla se socializa la información de interés para este estudio teniendo en cuenta los APUs.

Tabla 17. Datos de los APUs para la obra

DESCRIPCIÓN	FUENTE	UNID.	CANT	REND. (día)	TRABAJADORES / CUADRILLA
Concreto clase D 21 Mpa - (3000 PSI)	Precios Gober.	Metro Cúb.	30,00	8,00	8,00
Suministro e instalación de tubería de concreto reforzado de D=36" incluye emboquillada	Precios Gober.	Metro lineal	50,00	8,00	5,00
Suministro figurado y armado de acero de refuerzo	Precios Gober.	Kilogra mo	-	322	3,00
Relleno con material seleccionado compactado mecánicamente tipo recebo		Metro Cúb.	-	3,30	3,00

Con base a esta información se realizara un posterior análisis de los cumplimientos en base a los rendimientos en obra, antes de eso se trabajan los siguientes sub capítulos, para analizar el comportamiento del personal en cada cuadrilla dividiendo los temas de la siguiente manera: comparación entre cuadrillas de trabajo de acuerdo a los rendimientos y la clasificación del trabajo la filosofía Lean; análisis entre el uso de concreto pre-mezclado y el mezclado en obra; distinción entre los rendimientos de construcción en función del número de integrantes en la cuadrilla; y observación del porcentaje de trabajo productivo teniendo en cuenta el número de integrantes presentes en la cuadrilla.

9.1 COPARACIÓN ENTRE CUADRILLAS

Teniendo en cuenta el capítulo 6 con respecto a la identificación de cuadrillas y el capítulo 8 con los datos de productividad se desarrolló la siguiente tabla con el fin de hacer la comparación entre las cuadrillas de trabajo.

Tabla 18. Clasificación del trabajo por cuadrillas

Cuadrilla	TP	TC	TNC	Rendimiento Concreto (m ³ /h)	Rendimiento Acero (Kg/h)
Primera	30%	29%	41%	0,3	21
Segunda	37%	38%	25%	0,6	28
Tercera	34%	40%	26%	0,8	28
Final	32%	41%	27%	0,6	34

Como se observa en la anterior tabla y teniendo en cuenta la clasificación del trabajo, la cuadrilla con mejor porcentaje de trabajo productivo fue la segunda, esta estuvo encargada de la terminación de la primera alcantarilla, la construcción de segunda y tercera alcantarilla e inicio del muro de contención, como lo demuestra en el anexo A, la presencia de dos maestros generales aumento el porcentaje de trabajo productivo, debido una constante delegación de trabajo y supervisión del trabajo realizado que disminuyo re-trabajos y otras pérdidas en los procesos constructivos.

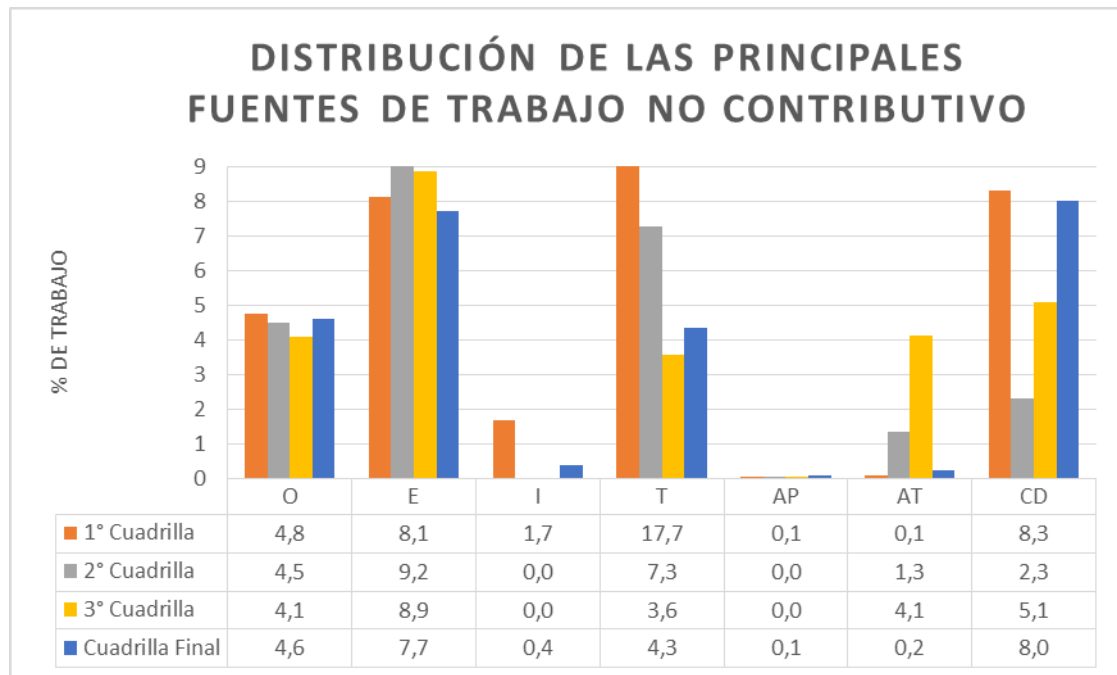
De acuerdo a la tabla 18, la cuadrilla con mejor rendimiento en la actividad de fundición de concretos fue la tercera, como se indicó en el capítulo 7, esta cuadrilla realizo el trabajo de la fundición del muro de contención, el cual fue el elemento de mayor tamaño en todo el seguimiento, este contaba con mayor espacio para la ejecución de la actividad, adicionalmente por ser la de mayor tamaño permitía más repeticiones de trabajo mejorando el aprendizaje. De acuerdo al capítulo 6, la composición de esta fue la que tuvo mayor número de integrantes en el grupo de trabajo, esto permitió tener más recurso como el personal humano que ayuda a aumentar el rendimiento.

Lo mencionado anteriormente son las probables razones de que este equipo de trabajo haya tenido el mayor rendimiento en la fundición de concretos, sin embargo en la continuación de los análisis a realizar van a tocarse estos puntos a profundidad, para esto se analizara el trabajo de acuerdo al número de integrantes y se realizara la comparación entre el uso de concreto pre-mezclado y mezclado en obra.

En el siguiente análisis se tendrá en cuenta las principales fuentes de desperdicio, para esto se graficaron los porcentajes reales del trabajo no contributivo de acuerdo al capítulo 8, con el fin de identificar a fondo cuales actividades son las que más ocurren teniendo en cuenta los cambios de cuadrillas en la obra y así determinar

según a la información recolectada que factores pueden estar interviniendo para que esto ocurra.

Figura 41. Porcentajes de pérdidas por cuadrillas.



De la anterior imagen se puede analizar que para todas las cuadrillas estuvo presente la espera como trabajo no contributivo siendo esta la de mayor porcentaje. Esto indica que los problemas de grandes retrasos en la ejecución de proyectos se a causa de la administración de la obra, porque a pesar de que se trabajaron diferentes grupos de trabajo, siempre las esperas tuvieron porcentajes altos y esto ocurría por falta de materiales, equipos o indicaciones. La presencia de traslados de personal fue otro factor que aumento los desperdicios como se pudo observar, sin embargo notamos que la medida que se aplicó a finales de la segunda cuadrilla, como se describió en el capítulo 8, ayudo a la disminución de esta muda tipo 2.

Otro análisis de la figura 41 es la gran presencia de pérdidas por ocio o actividades que no tenían nada que ver en los procesos, según lo descrito el capítulo 8, la razón de la presencia de este factor es las grandes esperas que tuvieron que realizar las cuadrillas de trabajo, ya que el trabajo era interrumpido de manera constante permitiendo el desarrollo de otras actividades como charlas, llamadas, etc. Adicionalmente se puede observar como la primera y segunda cuadrilla contienen grandes porcentajes de desperdicios por corrección de trabajo debido a falta de

calidad, los cuales para la primera cuadrilla fue a causa de la experiencia y en la segunda cuadrilla por el uso de concreto pre- mezclado el cual se va a aclarar en un siguiente tema.

Por ultimo tenemos una gran presencia de atrasos por actividades antecesoras o predecesoras por parte de la tercera cuadrilla, una de las razones que pudo ocasionar la presencia de dichos despilfarros fue el número de integrantes de la cuadrilla de trabajo, ya que se delegaban funciones de acuerdo a sub cuadrillas que ejecutaban diferentes actividades, sin embargo como se observa en los anexos A, el rendimiento para amarrar acero era mayor al de figurado.

9.1.1 Desempeño según clasificación del trabajo

Teniendo en cuenta la figura 10, se determinó una distribución de trabajo de la siguiente manera: 32% trabajo productivo, 40% trabajo contributivo y 28% trabajo no contributivo; comparando con la siguiente imagen sobre estudios realizados con anterioridad en Chile y Medellín, se encontró que la obra de este proyecto se encuentra en el último puesto según su porcentaje de trabajo productivo y el porcentaje más alto para trabajo no contributivo; esto es debido a que las obras de estudio buscaban la implementación de la filosofía Lean realizando mejoras en los procesos de construcción, sin embargo teniendo en cuenta lo mencionado en el capítulo 8, los porcentajes obtenidos están dentro de los esperados en una construcción típica.

Figura 42. Clasificación del trabajo en estudios anteriores

Categoría	TP	TC	TNC	Observaciones
Obra 60 Medellín (2003)	67.28%	23.13%	9.57%	Mejor desempeño de la muestra observada en Medellín 2003
Óptimo	60%	25%	15%	Estudio Chile 1995, muestra de 370.000 m ²
Normal	55%	25%	20%	Estudio Chile 1995, muestra de 370.000 m ²
Promedio Medellín 2003	47.2%	37.5%	15.2%	Promedio de la muestra observada en 136.572 m ²
Promedio Chile	47%	28%	25%	Estudio Chile 1995, muestra de 370.000 m ²

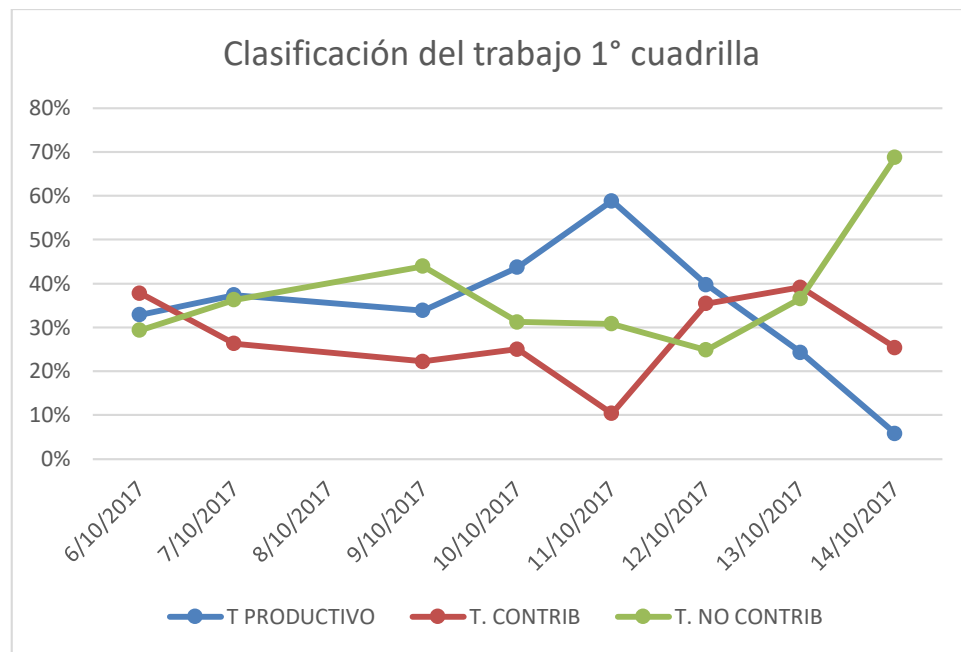
Fuente: Artículo Guia de mejoramiento continuo, Revista Universitaria EAFIT. 2004
Vol. 40

El trabajo medido en el estudio tuvo la particularidad de contar con una rotación de personal bastante activa, aunque esto influencio en el aprendizaje del trabajo y es

una posible fuente de los bajos rendimientos, permitió evaluar a cuatro cuadrillas de trabajo con distinta composición, lo que se realizó a continuación.

9.1.1.1 Primera cuadrilla

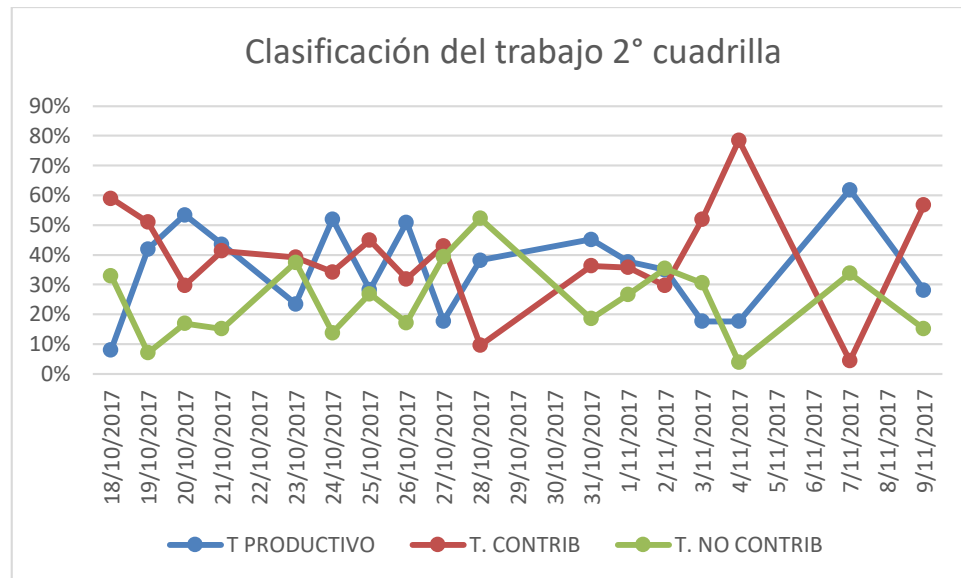
Figura 43. Clasificación del trabajo 1° cuadrilla



De la anterior grafica se observa un pico alto de trabajo productivo lo que podría ser favorable, sin embargo al no ir acompañado de un alto rendimiento no es tan significativo, por ejemplo el día que represento el pico más alto (11 de octubre) de trabajo productivo el rendimiento no represento lo mismo, ya que el gran porcentaje a trabajo productivo se debió a la experiencia que tenía el personal para desarrollar la actividad de encofrado, porque se realizó un mayor esfuerzo en comparación con procesos similares realizado posteriormente; en el capítulo 8 ya se había mencionado lo ocurrido ese día donde el trabajo que se realizo fue mayor al necesario por trabajar en espacios reducidos y armando la formaleta en situ.

9.1.1.2 Segunda cuadrilla

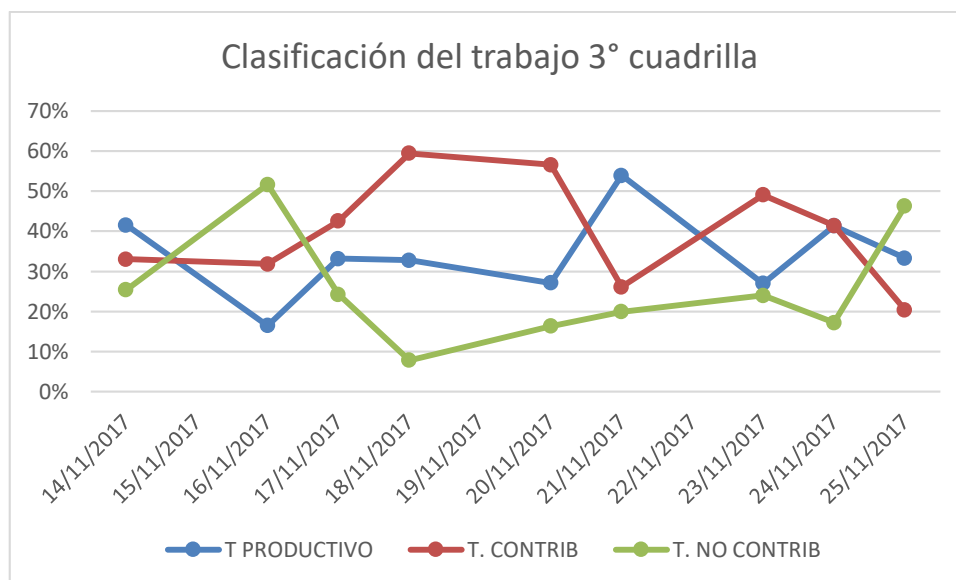
Figura 44. Clasificación del trabajo 2° cuadrilla



En esta grafica observada de la segunda cuadrilla de trabajo observamos una mayor variación en los porcentajes de trabajo, encontrando picos más cercanos que indican en que momentos de la obra el trabajo se disparaba por la ejecución de actividades netamente productivas, esto también fue debido a la cuadrilla de trabajo reducida la cual ejecutaba labores contributivas y productivas con el mismo personal, es así como lo podemos observar en los porcentajes más dramáticos de trabajo productivo donde en su mayoría aumentaba el tiempo del trabajo contributivo. Teniendo en cuenta las cartas de proceso encontramos que el pico más alto de trabajo contributivo fue ocasionado por la espera de material e indicaciones al cambiar el tipo de elementos a desarrollar dejando una buena impresión del mejoramiento en la productividad de esta cuadrilla, en esta cuadrilla se puede observar igualmente pico del trabajo no contribuidos que por las observaciones en campo se descubrió que fueron ocasionadas en su mayoría por espera de material.

9.1.1.3 Tercera cuadrilla

Figura 45. Clasificación del trabajo 3° cuadrilla



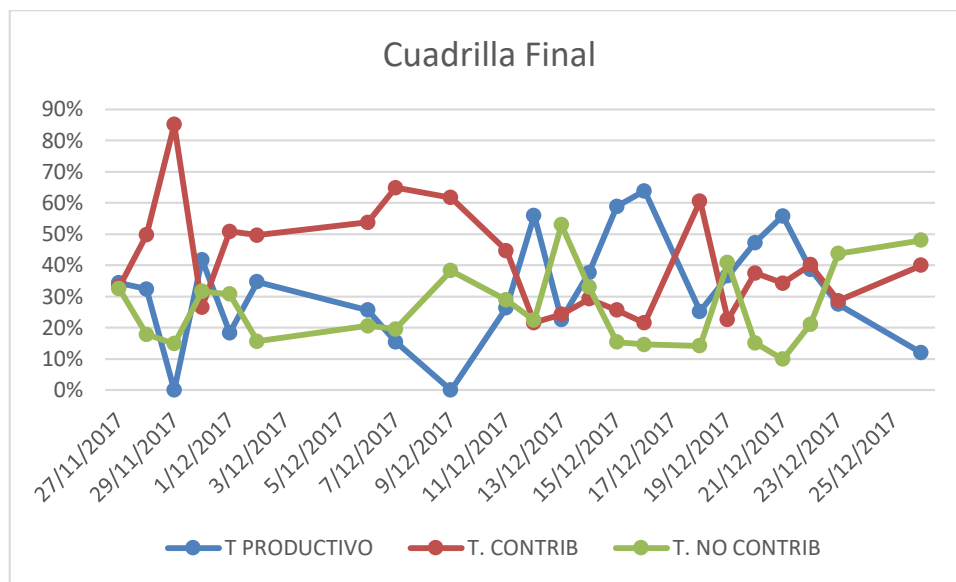
Para la tercera cuadrilla el trabajo ya se estabilizo un poco en comparación con la anterior esta estuvo conformada por una cuadrilla más numerosa y es de apreciar en la anterior gráfica, la división o asignación de labores a sub-grupo estuvo presente en el desarrollo de actividades donde los oficiales regían el trabajo productivo, es por esto que a diferencia de la segunda cuadrilla en este caso cuando el trabajo no contributivo y contributivo están más ligados lo que indica que las perdidas eran ocasionadas en su mayoría por los trabajadores con menos experiencia o ayudantes.

9.1.1.4 Cuadrilla final

En la siguiente grafica encontramos comportamientos vistos con anterioridad y este ejemplo nos demuestra lo ya mencionado al respecto que la presencia de picos entre trabajo productivo y contributivo es debido al menor personal donde para esta cuadrilla el trabajo contributivo y productivo es ejecutado por el mismo personal, bajando así el porcentaje de trabajo productivo en comparación con la anterior, del inicio de labores podemos observar un bajo porcentaje de trabajo productivo lo cual fue ocasionado por el desbalanceo de cuadrilla al retirar a más de la mitad del

personal, eso se fue solucionado con la incorporación de ayudantes nuevos en el desarrollo de la ejecución y así lo demuestra la gráfica con el comportamiento.

Figura 46. Clasificación del trabajo cuadrilla final



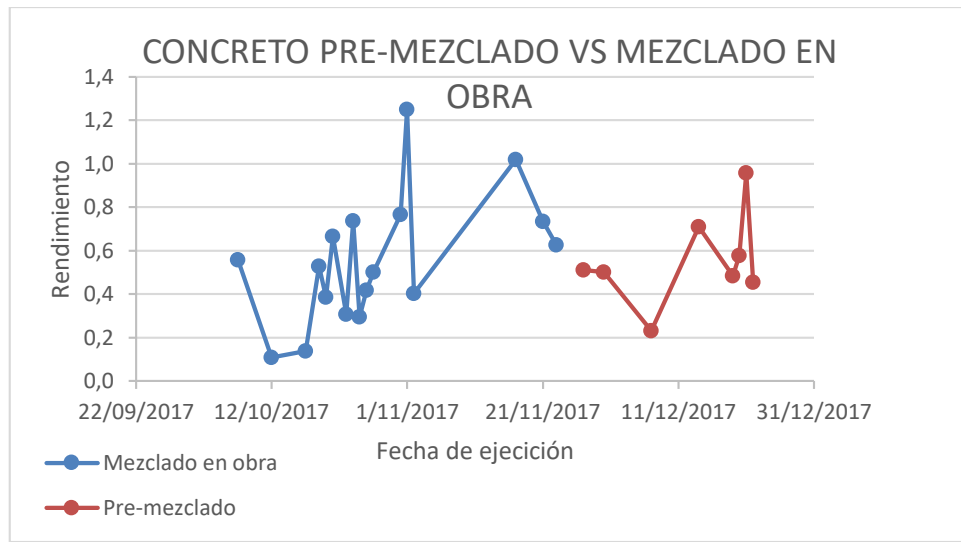
9.2 CONCRETO PRE-MEZCALDO VS MEZCLADO EN OBRA

Según BOTERO⁴⁵ dentro de los procesos no existía las pérdidas por lo que toda mejora en los procesos radicaban en la implementación de nuevas tecnologías que permitieran realizar el trabajo productivo en un menor tiempo, un ejemplo de esto fue el uso de concreto pre-mezclado, este evitaba las actividades dentro del proceso constructivo de la fundición de concreto como: almacenamiento y recepción de materias primas para el concreto, la mezcla manual o con trompo del concreto y hasta el transporte del concreto en algunos casos, sin embargo se realizara un análisis que compruebe esto, debido a que en el objeto de estudio se tuvo la oportunidad de realizar los procesos de fundición de concretos con el uso de concreto pre-mezclado y mezclado en obra.

De acuerdo al anexo A la fundición de concretos con uso de pre-mezclado inicio el día 27 de noviembre del 2017 y con la información del capítulo 8 se creó el siguiente diagrama que permite comparar los rendimientos del proceso de fundición con el uso de concreto pre- mezclado y concreto mezclado en obra.

⁴⁵ BOTERO. Op. cit., p.20.

Figura 47. Diagrama comparativo de uso de concreto pre-mezclado



De acuerdo a la gráfica se puede observar como el uso de concreto pre- mezclado no ayudo a aumentar el rendimiento de fundición de concretos, los picos más altos de rendimientos fueron debido al uso de concreto mezclado en por parte de la tercera cuadrilla de trabajo, lo que indica que la composición de cuadrilla es un factor importante para estos resultados, sin embargo se debe tener en cuenta que el uso de concreto pre-mezclado estuvo a cargo solo de la cuadrilla final por lo que no se puede afirmar que la medida de usar este tipo de material no beneficiara a la productividad de la obra, pero si puede indicar que los bajos rendimientos fueron a causa de otras factores.

Como se observa en la figura 41, la cuadrilla final presenta grandes pérdidas a causa de corrección de trabajo, esto ocurrió debido a la capacidad de la mano de obra de dicha cuadrilla para el uso de concreto pre-mezclado, porque como se observa en el anexo A, la actividad de encofrado realizada por el personal para fundición con concreto pre-mezclado no tuvo la suficiente calidad, presentando problemas en el momento de la fundición, adicionalmente como lo describe el capítulo 8, el inicio de la cuadrilla final conto con un número de integrantes bastante inferior a la cuadrilla anterior.

9.3 RENDIMIENTOS EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE INTEGRANTES DE LA CUADRILLA

Como se demuestra en el capítulo 6, las cuadrillas de trabajo tuvieron bastantes cambios, no solo con la presencia de rotación de personal, sino que también influyó la presencia de personal de la empresa en otras obras, por esto un buen análisis de la información proviene de la afectación que tuvo los rendimientos con respecto al número de integrantes de la cuadrilla, para esto se tienen en cuenta los datos consignados en el capítulo 8, con respecto a los rendimientos encontrados para las actividades de fundición de concretos y amarre de acero respectivamente.

Primero se comienza con el análisis de la fundición de concretos, de acuerdo a la tabla 13 se observa que la cuadrilla integrada por 7 personas presenta mejor rendimiento en dicha actividad, posterior a esta composición la cuadrilla de 6 integrantes es la segunda con mejor rendimiento promedio y es la que obtiene el rendimiento más alto en la medición de productividad en el proceso de fundición de concreto, y por último las cuadrillas de cuatro y cinco integrantes presentaron rendimientos aproximados a 0,5 metros cúbicos por hora, siendo esta la composición de mayor frecuencia en la obra, por todo lo anterior mencionado se puede decir que la cuadrilla con mayor número de personal, ejecuta en menor tiempo la actividad de fundición de concretos.

Hay que tener en cuenta que la cuadrilla con seis integrantes realizó el mayor rendimiento en obra, porque el elemento que se fundió era una placa del muro de contención lo que facilitó el trabajo, gracias a que contaba con amplios espacios de trabajo que permitía el uso de un personal numeroso.

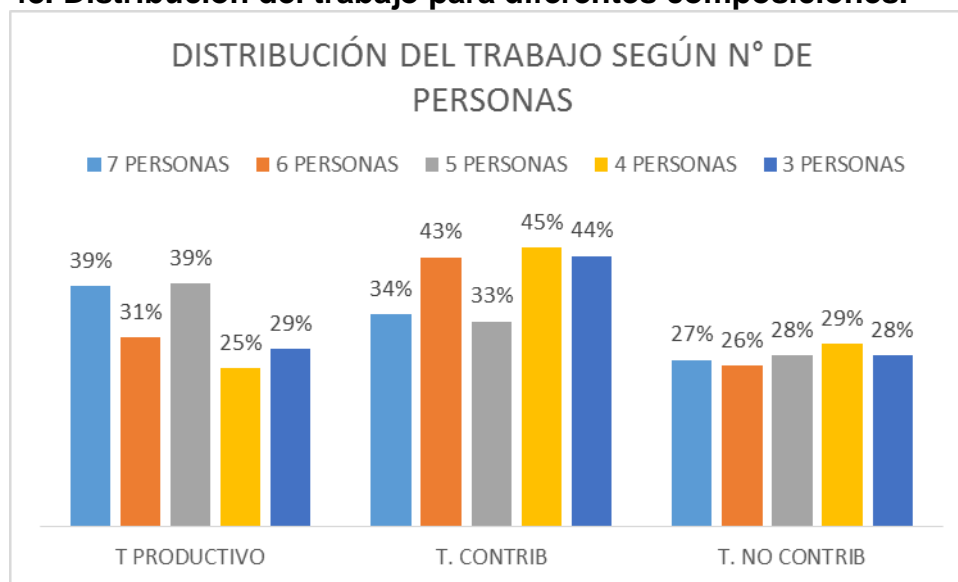
Para el análisis de la actividad de amarre de acero se tuvo en cuenta la tabla 15, en esta se pudo observar que el personal utilizado para la labor varió entre 1 a 7 personas, donde el mejor promedio de rendimiento lo obtuvo la cuadrilla conformada por seis personas, los siguientes mejores rendimientos fueron por las composiciones de 1, 5 y 3 integrantes, por último los rendimientos más bajos fueron por la composición de 4, 7 y 2 integrantes con el menor valor para la cuadrilla de cuatro integrantes.

Del capítulo 5 se puede concluir que la complejidad de esta actividad variaba en función del elemento a construir, por esta razón no puede afirmarse algo puntual de los datos obtenidos, sin embargo se puede analizar que a diferencia de la fundición de concretos, el mayor número de integrantes no proporcionaba el mayor rendimiento, además se observó que la el mejor rendimiento era por una composición de 6 personas, el cual teniendo en cuenta el capítulo ocho y la conformación de sub cuadrillas, los mayores rendimientos están con una composición de 3 personas para el desarrollo de la actividad de amarre de acero.

9.4 INFLUENCIA DEL NUMERO DE PERSONAS EN EL TRABAJO PRODUCTIVO, CONTRIBUTIVO Y NO CONTRIBUTIVO.

Debido a que, el número de personas integrando las cuadrillas cambio constantemente en el desarrollo de la medición y teniendo en cuenta el capítulo 4 con respecto a la clasificación del trabajo, se analizó como el número de integrantes en la cuadrilla afecta el tipo de trabajo, para eso se tomó la información del anexo C y se desarrolló la siguiente gráfica, en esta se muestra como se comportó la distribución del trabajo en función del número de personas, esto con el fin de facilitar el posterior análisis y llegar a una conclusión.

Figura 48. Distribución del trabajo para diferentes composiciones.



Con toda la información recolectada y teniendo en cuenta que según el Anexo C, la composición con mayor presencia en el estudio fue de 5 personas y la que menos representación tiene es la compuesta por 7 personas se desarrolló el siguiente análisis.

El porcentaje más alto de trabajo productivo fue para una cuadrilla integrada por 7 y 5 personas, de la cual se aclara que la composición de mayor personal fue la cuadrilla tres, la misma que obtuvo los mayores rendimientos en concretos y solo estuvo presente en 4 días de trabajo. Los altos porcentajes de trabajo productivo se deben a que cuadrillas de mayor composición permiten la delegación de trabajo contributivo, evitando las detenciones en los procesos y permitiendo el desarrollo continuo del trabajo productivo como se demuestra en el capítulo 8, adicionalmente se observa que las cuadrillas de menor personal presentan el trabajo productivo más bajo lo que apoya la hipótesis.

De acuerdo a la figura 48, y con respecto al trabajo contributivo se puede observar un alto valor para cuadrillas conformadas por 6, 4 y 3 personas, los altos valores de trabajo contributivo son a causa de los largos desplazamientos como se indicó en el capítulo 8, sin embargo se nota que las composiciones mencionadas tienen valores más altos que las integradas por 5 y 7 personas, esto se debe a lo mencionado en el párrafo anterior comprobando que la ausencia de personal necesario, ocasiona que un mismo trabajador pasara de hacer trabajo productivo a trabajo contributivo deteniendo la continuidad de las actividades y usando más tiempo que el que usan cuadrillas más numerosas.

Para la cuadrilla compuesta por 6 personas puede no estar incluida en el anterior análisis dado que su personal era apto para una buena delegación de actividades, por esta razón se analizó la información a fondo y con base a los anexos A, el seguimiento del día 17 de noviembre, tiene una gran presencia de trabajo contributivo a causa de transporte de equipo de fundición y una larga espera por la falta de conocimiento del uso del equipo, lo que llevo a tener bajos porcentajes de trabajo productivo y un alto porcentaje de trabajo contributivo.

Con base en el trabajo no contributivo se encuentra en la figura 48, que su comportamiento es uniforme sin importar la composición, algo que comprueba un anterior análisis hecho en la comparación de cuadrillas presentes en el estudio, donde la administración de la obra no está ejecutando las acciones necesarias para eliminar las principales pérdidas expresadas en el capítulo 8.

9.5 PRODUCTIVIDAD EN LA MANO DE OBRA

Teniendo en cuenta el estudio de RODRIGUEZ⁴⁶, en su tabla 19. Resultados del estudio encontramos la productividad en obra de algunas actividades de interés como el figurado de acero calculado en 40 Kg/hh y mano de obra de excavación

⁴⁶ RODRIGUEZ, Frank. Creación del Sistema de Seguimiento y Evaluación de Mano de Obras Civiles Usando Productividad. Monografía. Tunja, Boyacá.: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad de ingeniería. 2016. p46.

común en 15,8 m³/hh; podemos tener la información adicional para una nueva comparación. Igualmente con el trabajo de BULEJE⁴⁷ donde muestra el rendimiento acumulado en la construcción de una edificación identificamos valores de interés como ejecución de concretos simples para cimientos corridos y falsos cimientos con rendimientos de 3,05hh/m³ y 4,43 hh/m³, adicionalmente rendimientos de encofrado de 0,60hh/m² para muros y 0,44hh/m² para losas.

Para este análisis se trabajó todo lo mencionado anteriormente acerca de productividad en fundición de concretos, amarre y figurado de acero, adicionalmente tendremos en cuenta la información recolectada en el párrafo anterior de otros autores que trabajaron el tema para realizar un análisis con diferentes fuentes. Teniendo esto claro en la siguiente tabla se agrupara la información encontrada en otros estudios para su posterior análisis, se aclarar que las actividades con mayor presencia en el estudio y la de mayor análisis es la fundición de concretos y el amarre de acero.

Tabla 19. Rendimientos de actividades encontradas en otros estudios

ACTIVIDAD	Unidad	Trabajo (hh)	Rendimiento (unid./hh)
Figurado de acero	Kg	0,025	40,0
Excavación común	m ³	0,06	15,8
Concreto simple	m ³	3,74	0,27
Encofrado muros	m ²	0,60	1,67
Encofrado losas	m ²	0,44	2,27

El rendimiento de concreto simple se obtuvo del promedio de los rendimientos encontrados para cimientos corridos y falsos cimientos, actividades más similares a las ejecutadas en nuestro estudio, posteriormente se procede a trabajar la información para transfórmalas a unidades similares que permitan la comparación. En los documentos anexos para la fundición de concreto y de acuerdo con los diagramas de flujo, el proceso lleva incluida la ubicación e instalación de formaleta por esto a continuación se realizaran las respectivas modificaciones.

Conociendo que los elementos como muros ejecutados en obras, en su mayoría tenían un espesor de 20 cm y eran elementos simétricos con altura de 2 m podemos pasar de metros cuadrados a metros cúbicos y dado que el muro era la continuación

⁴⁷ BULEJE, Kenny. Productividad en la Construcción de un Condominio Aplicando Conceptos de la Filosofía Lean Construction. Tesis para título de Ingeniero Civil. Lima, Perú.: Pontifica Universidad Católica del Perú. Facultad de ingeniería. 2012. P41.

de una estructura existente solo era necesario la ubicación de formaleta para tres caras del elemento, del cual conocemos que una de sus caras será $(0,2m \times 2m)$ $0,4m^2$, lo que nos permite usar la siguiente hipótesis:

Para un muro de un metro cubico con un espesor de 0,2 se obtiene un área de 5 metros cuadrados ($1m^3/0,2m=5m^2$), teniendo en cuenta que este valor equivale al área de una de las caras del elemento encofrado, el área real para que este elemento sea fundido son la suma de las dos caras paralelas más la cara estipulada anteriormente, esto implica que para un metro cubico de concreto en nuestra obra de estudio tiene un área de formaleta de $10,4 m^2$ ($(2 \times 5m^2)+0,4m^2=10,4m^2$).

Con el cálculo anterior se conoce que en un metro cubico existen $10,4 m^2$ de formaleta y sabiendo que el trabajo para un metro cuadrado de muro es 0,6 hh se puede determinar que el trabajo para $10,4 m^2$ es 6,24 hh; lo que implica que el rendimiento para encofrado de un metro cubico es $0,16 m^3/hh$. Como en el proceso de concreto incluye el encofrado el rendimiento real para el análisis se obtiene de la suma del rendimiento de encofrado y fundición.

Tabla 20. Comparativo de rendimientos en obra y según otros autores

ACTIVIDAD	Unidad	Rendimiento Comparativo (unid./hh)	Rendimiento obra (unid./hh)
Figurado de acero	Kg	40	29,0
Concreto simple	m^3	0,43	0,55

Observando esta nueva información se puede ver desde otro ángulo la productividad, debido a que en el capítulo anterior y como fuente de comparación la gobernación de Boyacá, los rendimientos estuvieron no estuvieron sobre lo esperado, el amarre de acero tuvo el mayor porcentaje de cumplimiento promedio con un 72%, y con respecto al estudio realizado por BULEJE⁴⁸ la fundición de concretos está por encima de lo esperado respecto al rendimiento, pero con respecto al figurado de acero se encuentra igual que con los APUs de la gobernación. Es de resaltar que dentro del estudio de Buleje no se está teniendo en cuenta el tiempo del desencofrado y este se realizó en Perú.

9.5.1 Porcentaje de Asignaciones Completadas

“De acuerdo con la teoría sobre implementación del sistema de planificación y control last planner (último planificador), a medida que la obra aplica el sistema,

⁴⁸ Ibid., p.84.

aumenta la confiabilidad, rebajando la incertidumbre en cuanto al cumplimiento de lo planificado”⁴⁹, el porcentaje de asignaciones completadas o PAC es una herramienta que permite reconocer el rendimiento que puede obtener la obra, la cual va ligada a la curva de aprendizaje donde entre mayor sea el número de ejecuciones, menor será el esfuerzo o trabajo. Además el uso de esta herramienta permite hacer un análisis de cómo evoluciona el rendimiento de las actividades y si se está cumpliendo con la descripción de la curva de aprendizaje.

Con base en la tabla 12 podemos observar como el PAC para el proceso de concretos varia en forma abrupta y en la mayoría de los casos esta por abajo del 60% lo que según BOTERO & ALVARES⁵⁰ indica un desempeño pobre en obra, esto también se ve influenciado por el continuo cambio de personal, lo cual afecta la curva de aprendizaje y la variación en el rendimiento. Para la tabla 14 con la actividad de amarre de acero el cumplimiento fue mayor y más cercano a lo proyectado, donde en promedio el porcentaje estuvo en el 72 % que para BOTERO & ALVARES⁵¹ sigue estando por debajo de bueno pero por encima de pobre en el desempeño. Lo que indica una mayor productividad para la ejecución de amarre de acero en comparación con la fundición de concretos.

Como se indica en el capítulo 7, la rotación del personal afecta anímicamente al trabajador y se ven influenciados los rendimientos, es por esto que la presencia de una baja productividad en la obra fue una constante en todo el seguimiento de los procesos, adicionalmente a lo ya mencionado se encontraron diferentes factor que pueden ser causales de los malos resultados como el caso de la presencia de esperas y traslados excesivos o el constante desbalanceo del personal.

⁴⁹ BOTERO, Luis & ALVARES, Eugenia. Guia de Mejoramiento Continuo. En: REVISTA Universitaria EAFIT. 2004. Vol. 40, no.136, p. 60

⁵⁰ BOTERO, Luis & ALVARES, Eugenia. Guia de Mejoramiento Continuo. En: REVISTA Universitaria EAFIT. 2004. Vol. 40, no.136, p. 59.

⁵¹ Ibid., p86

10. PROPUESTAS DE SEGUIMIENTO

- Identificar con anterioridad el tipo de tareas que contienen las actividades y tenerlas presente en el formato de recolección de la información facilitan el trabajo de seguimiento de los procesos constructivos y la tabulación que permiten tomar decisiones de manera eficiente para mejorar la productividad en el desarrollo de la obra.
- La utilización de herramientas Lean como respuesta a las necesidades del proyecto permiten hacer mejoras continuas a medida que se realiza la medición de la productividad las cartas kanban y las 5s son un ejemplo de herramientas a utilizar, igualmente identificar el tipo de trabajo del personal ya que en casos de contratación por metas se podría utilizar un just in time que por medio del sistema de pull lo que se necesita desarrollar es la satisfacción de necesidad de material y la supervisión de calidad, ya que por el beneficio económico los altos rendimientos son proporcionados por la motivación del empleado.
- Como opinan otros autores anteriormente citados es importante una participación activa en las mediciones y seguimiento de las labores, ya que esto influye psicológicamente en el trabajo del personal, para esto además de la anotación de información debe estar disponible la aclaración y delegación de los trabajos, así como una correcta actitud que permita la comunicación, adicionalmente se pueden incluir dentro del seguimiento encuestas que permitan conocer más sobre factores psicológicos en el trabajo.
- La organización del trabajo también es influyente, el sub dividir las cuadrillas en actividades específicas permiten una mayor organización y facilita el seguimiento del trabajo, permitiendo estandarización y la realización de mediciones eventuales manteniendo un control del personal de trabajo, el tener en cuenta todos los trabajadores en etapas previas ayudan a mitigar posibles problemas futuros y conocer mediante la experiencia ya adquirida como se podrían solucionar los inconvenientes presentes.

11.CONCLUSIONES

- Se evidenció que la medición de productividad de la mano de obra dentro de un proyecto de construcción es una herramienta fundamental que pueden utilizar los ingenieros y directores del proyecto para determinar las labores diarias que se deben desarrollar, el número de cuadrillas que se deben utilizar y su respectiva conformación con el fin de cumplir las metas propuestas al comenzar su ejecución.
- En los proyectos viales se le presta más atención a las actividades ejecutadas por la maquinaria debido a que los altos rendimientos presentados debido al uso de tecnología determinan grandes ingresos al contratista. Sin embargo, en este tipo de proyectos, las actividades más restrictivas son las ejecutadas por los obreros, razón por la cual se debe enfocar los esfuerzos en supervisarlas con el fin de evitar paros o demoras por el incumplimiento de las tareas diarias de cada cuadrilla.
- Los proyectos viales son obras con grandes áreas de construcción, razón por la cual se hace necesario realizar grandes desplazamientos internos por parte del personal, esta situación determina que una de las principales pérdidas encontradas son los traslados incensarios del personal como se muestra en el capítulo 8, ya que estas representan aproximadamente el 7,15% del trabajo ejecutado, por consiguiente el no tener toda la información, herramientas, equipos y otros insumos necesarios para la ejecución de actividades provoca la aparición de este tipo de desperdicio.
- Los flujos de trabajo en obra son procesos únicos por sus condiciones particulares y dependen directamente de la experiencia que adquirió el personal en otros proyectos. Sin embargo, para este tipo de mediciones y ajustes se hace necesario la estandarización de los procesos constructivos para evitar errores en el seguimiento y control de obra.
- Se identificó que la mayoría de las pérdidas encontradas en la ejecución del proyecto se deben a las esperas, como se pudo comprobar en el capítulo 9, lo anterior se debe a la falta de coordinación en solicitud de material, espera de instrucciones en obra, claridad en los procesos constructivos que genera que las cuadrillas detengan su labor diaria con regularidad lo que repercute directamente en el tiempo de ejecución de cada actividad.
- Se observó que para la realización del balance de cuadrillas y mejoramiento en los procesos constructivos es importante la continuidad del personal en obra debido a que la base para realizar este tipo de ajustes es que el personal pueda aprender de los errores y éxitos obtenidos a lo largo del proyecto.

- El tipo de contratación del personal que labora en obra influye en el desarrollo de las actividades diarias de las cuadrillas debido a que cuando se contrata por cumplimiento de metas o productos entregados, el contratista se enfoca más en el cumplimiento del tiempo y la calidad del producto mientras que trabajadores que pertenecen como parte de la administración de la obra se miden en la relación del beneficio – costo de cada día de trabajo.
- El reciclaje del personal en obra es muy común en la industria de la construcción, por lo tanto los rendimientos de las actividades en la obra se verán afectados de acuerdo al grado de experiencia del personal que conforma cada una de las cuadrillas.
- El uso de materiales en proceso, como el concreto Pre-mezclado, favorece a la disminución del trabajo productivo y contributivo dentro de la actividad, sin embargo, de acuerdo a la información expuesta en el capítulo 8, se observó que cuando se utiliza un proceso innovador, como en este caso particular, y no se tienen las herramientas y la información necesaria se puede incurrir en problemas de calidad que comprometen seriamente la productividad en el proyecto.
- Como se observó en el capítulo 9, el aumento del número de personas en una cuadrilla impacta positivamente la productividad de la actividad que se encuentran ejecutando, esto se debe a que el trabajo de la actividad es constante y el aumentar el número de trabajadores sin que se obstaculicen determinan en la mejora del tiempo de producción por unidad construida.
- La vigilancia de las cuadrillas suele ser un aspecto de incomodada al personal en obra debido a que el constante control sobre los procesos altera el estado psicológico por aumento de presión en las exigencias de calidad.
- El control de la labor del personal en los procesos constructivos, repercute positivamente en la calidad de los productos terminados, esto se debe a que se pueden evidenciar de forma temprana aquellos problemas o restricciones que pueden afectar la productividad al igual que mejorar cada proceso controlado.
- Cuando se obtiene altos rendimientos en la mano de obra en los proyectos de construcción, la motivación de los trabajadores es uno de los factores que se ven beneficiados, esto ocurre porque el reconocimiento y la satisfacción del cumplimiento de las metas propuestas dentro de la obra permiten mayor tranquilidad al desarrollo de las actividades y la mejora continua del proceso.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] «BOTERO, Luis. Productividad y Construcción: Medición de la Productividad en la Construcción. Medellín, Colombia: Fondo Editorial Universidad EAFIT, 2011. p.184.».
- [2] «Ciampa, 1991 y Stalk & Hout, 1990, Citado por BOTERO, Luis. Productividad y Construcción: Medición de la Productividad en la Construcción. Medellín, Colombia: Fondo Editorial Universidad EAFIT, 2011. P.196.».
- [3] «SERPELL, Alfredo. Administración de Operaciones de Construcción. 2 ed. Santiago de Chile: Alfa omega, 2002. p 17-18. ISBN 958-68-2451-9.».
- [4] «SERPELL, Alfredo. Administración de Operaciones de Construcción. 2 ed. Santiago de Chile: Alfaomega, 2002. p 32. ISBN 958-68-2451-9.».
- [5] «SERPELL, Alfredo. Administración de Operaciones de Construcción. Santiago de Chile: Alfaomega, 2002. p. 14-15-16. ISBN 958-68-2451-9.».
- [6] «SERPELL, Alfredo. Administración de Operaciones de Construcción. Santiago de Chile: Alfaomega, 2002. p.16 - 17. ISBN 958-68-2451-9.».
- [7] «SERPELL, Alfredo. Administración de Operaciones de Construcción. Santiago de Chile: Alfaomega, 2002. p.18. ISBN 958-68-2451-9.».
- [8] «Application of the new production philosophy to construction», Technical Report No. 72. Stanford».
- [9] «PONS ACHELL, Juan Felipe. Introducción a Lean Construction. Madrid, España: Fundación Laboral de la Construcción, 2014. 71 p.».
- [10] «WOMACK, James P and JONES, Daniel T. Lean Thinking: Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa parte 1. 1 ed. En libro electrónico: Grupo Planeta Spain, 2012. 42p. ISBN 978-84-9875-199-4 (epub).».
- [11] «OHNO, Taiichi. Toyota Production System: beyond large-scale production. Cambridge, Productivity Press. 1988, citado por PONS ACHELL, Juan Felipe. Introducción a Lean Construction. Madrid, España: Fundación Laboral de la Construcción, 2014. p.19.».
- [12] «WOMACK, James P. and JONES, Daniel T. Lean Thinking: Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa parte 1. 1 ed. En libro electrónico: Grupo Planeta Spain, 2012. p.8. ISBN 978-84-9875-199-4 (epub).».
- [13] «WOMACK, James P. and JONES, Daniel T. Lean Thinking: Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa parte 1. 1 ed. En libro electrónico: Grupo Planeta Spain, 2012. p.14. ISBN 978-84-9875-199-4 (epub).».

- [14] «KOSKELA, Lauri. Making-do—The eighth category of waste. 2004, Citado por ARROYO, Paz. Camino a la Excelencia en Gestión de Proyectos, (Apuntes de clase) [En línea]. [Chile, Santiago de Chile]: Universidad Católica de Chile, [citado el 30 abr., 2018]. Semana 2, video: Perdidas en Industrias. Disponible en la web:< <https://www.coursera.org/learn/camino-excelencia-gestion-proyectos/lecture/NJx94/perdidas-en-industrias>>».
- [15] «KOSKELA, Lauri. Subestimacion de tareas. 2013, Citado por ARROYO, Paz. Camino a la Excelencia en Gestión de Proyectos, (Apuntes de clase) [En línea]. [Chile, Santiago de Chile]: Universidad Católica de Chile, [citado el 30 abr., 2018]. Semana 2, video: Perdidas en Industrias. Disponible en la web:< <https://www.coursera.org/learn/camino-excelencia-gestion-proyectos/lecture/NJx94/perdidas-en-industrias>>».
- [16] «SERPELL, Alfredo. Administración de Operaciones de Construcción. Santiago de Chile: Alfaomega, 2002. 289 p. ISBN 958-68-2451-9.».
- [17] «SERPELL, Alfredo. Administración de Operaciones de Construcción. 2 ed. Santiago de Chile: Alfaomega, 2002. p 195. ISBN 958-68-2451-9.».
- [18] «MASLOW, Abraham. 1954, Citado por SERPELL, Alfredo. Administración de Operaciones de Construcción. 2 ed. Santiago de Chile: Alfaomega, 2002. p 195. ISBN 958-68-2451-9.».
- [19] «BOTERO, Luis. Productividad y Construcción: Medición de la Productividad en la Construcción. Medellín, Colombia: Fondo Editorial Universidad EAFIT, 2011. p.218, p.219, p.220, p.221.».
- [20] «SERPELL, Alfredo. Administración de Operaciones de Construcción. 2 ed. Santiago de Chile: Alfaomega, 2002. Cap.8. ISBN 958-68-2451-9.».
- [21] «SERPELL, Alfredo. Administración de Operaciones de Construcción. 2 ed. Santiago de Chile: Alfaomega, 2002. p 177. ISBN 958-68-2451-9.».
- [22] «ALARCÓN, Luis. Camino a la Excelencia en Gestión de Proyectos, (Apuntes de clase) [En línea]. [Chile, Santiago de Chile]: Universidad Católica de Chile, [citado el 30 may., 2018]. Semana 3, video: Integrated Project Delivery. Disponible en la web: <<https://www.coursera.org/learn/camino-excelencia-gestion-proyectos/lecture/AeHri/integrated-project-delivery>>».
- [23] «SERPELL, Alfredo. Administración de Operaciones de Construcción. 2 ed. Santiago de Chile: Alfaomega, 2002. P.37. ISBN 958-68-2451-9.».
- [24] «BOTERO, Luis y ALVAREZ, Martha. Identificación de Pérdidas en el Proceso Productivo de la Construcción. En: REVISTA Universidad EAFIT. Abril, 2003. Vol. 39, no. 130. p. 70.».
- [25] «SERPELL, Alfredo. Administración de Operaciones de Construcción. 2 ed. Santiago de Chile: Alfaomega, 2002. p.255. ISBN 958-68-2451-9.».
- [26] «QUINODOZ. 2007, citado por: ROJAS, Miguel. Ingeniería Administrativa 1° ed. Bogota: Ediciones de la U, 2016. p.143. ISBN 978-958.762.724-7».

- [27] «SERPELL, Alfredo. Administración de Operaciones de Construcción. 2 ed. Santiago de Chile: Alfaomega, 2002. Cap.6. ISBN 958-68-2451-9.».
- [28] «BOTERO, Luis y ALVAREZ, Martha. Identificación de Pérdidas en el Proceso Productivo de la Construcción. En: REVISTA Universidad EAFIT. Abril, 2003. Vol. 39, no. 130. 14. p.».
- [29] « RODRIGUEZ, Frank. Creación del Sistema de Seguimiento y Evaluación de Mano de Obras Civiles Usando Productividad. Monografía. Tunja, Boyacá.: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad de ingeniería. 2016. p46.».
- [30] «BULEJE, Kenny. Productividad en la Construcción de un Condominio Aplicando Conceptos de la Filosofía Lean Construction. Tesis para título de Ingeniero Civil. Lima, Perú.: Pontifica Universidad Católica del Perú. Facultad de ingeniería. 2012. P41.».
- [31] «BULEJE, Kenny. Productividad en la Construcción de un Condominio Aplicando Conceptos de la Filosofía Lean Construction. Tesis para título de Ingeniero Civil. Lima, Perú.: Pontifica Universidad Católica del Perú. Facultad de ingeniería. 2012. P41.».
- [32] «BOTERO, Luis & ALVARES, Eugenia. Guia de Mejoramiento Continuo. En: REVISTA Universitaria EAFIT. 2004. Vol. 40, no.136, p. 59.».
- [33] «ROBBINS, S. Administración. México. Perason Educación, citado por PIAANTINI, Ana; HERRERA, Nora & ELIZONDO, María. El impacto de la Rotación de Personal en las empresas constructoras del estado de Nuevo León. En: revista de la Facultad de Arquitectura Universidad Autónoma de Nuevo León, 2011, no 5, p. 85.».
- [34] «PIANTINI, Ana; HERRERA, Nora & ELIZONDO, María. El impacto de la Rotación de Personal en las empresas constructoras del estado de Nuevo León. En: revista de la Facultad de Arquitectura Universidad Autónoma de Nuevo León, 2011, no 5, p. 83-91».
- [35] «PIANTINI, Ana; HERRERA, Nora & ELIZONDO, María. El impacto de la Rotación de Personal en las empresas constructoras del estado de Nuevo León. En: revista de la Facultad de Arquitectura Universidad Autónoma de Nuevo León, 2011, no 5, p.89.».

13. ANEXOS

13.1 ANEXO A. REGISTRO DE ACTIVIDADES MANO DE OBRA.

13.2 ANEXO B. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

13.3 ANEXO C. RESULTADOS.

13.4 ANEXO D. SOPORTE FOTOGRAFICO.